

TITLE OF THE INVENTION

評価方法、位置検出方法、露光方法及びデバイス製造方法、並びに露光装置

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of The Invention

本発明は、評価方法、位置検出方法、露光方法及びデバイス製造方法、並びに露光装置に係り、更に詳しくは、基板の非線形歪みの規則性や程度を評価する評価方法、該評価方法を利用して基板上に配列された複数の区画領域の位置を検出する位置検出方法、該位置検出方法を用いる露光方法、及び該露光方法を用いるデバイス製造方法、並びに前記位置検出方法を利用する露光装置に関する。

Description of The Related Art

近年、半導体素子等のデバイスの製造工程では、ステップ・アンド・リピート方式、又はステップ・アンド・スキャン方式等の露光装置、ウエハプローバ、あるいはレーザーリペア装置等が用いられている。これらの装置では、基板上に規則的（マトリックス状）に配列された複数のチップパターン領域（ショット領域）の各々を、基板の移動位置を規定する静止座標系（すなわちレーザー干渉計によって規定される直交座標系）内の所定の基準点（例えば、各種装置の加工処理点）に対して極めて精密に位置合わせ（アライメント）する必要がある。

特に、露光装置では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンの投影位置に対して基板（半導体ウエハやガラスプレート等）を位置合わせ（アライメント）するに際して、製造段階のチップでの不良品の発生による歩留りの低下を防止するため、その位置合わせ精度を常に高精度かつ安定に維持しておくことが望まれている。

通常、露光工程では、ウエハ上に10層以上の回路パターン（レチクルパタ

ーン)を重ね合わせて転写するが、各層間での重ね合わせ精度が悪いと、回路上の特性に不都合が生じることがある。このような場合、チップが所期の特性を満足せず、最悪の場合にはそのチップが不良品となり、歩留りを低下させてしまう。そこで、露光工程では、ウエハ上の複数のショット領域の各々に予めアライメントマークを付設しておき、ステージ座標系上におけるそのマーク位置(座標値)を検出する。しかる後、このマーク位置情報と既知のレチクルパターンの位置情報(これは事前測定される)とに基づいてウエハ上の1つのショット領域をレチクルパターンに対して位置合わせ(位置決め)するウエハアライメントが行われる。

ウエハアライメントには大別して2つの方式があり、1つはウエハ上のショット領域毎にそのアライメントマークを検出して位置合わせを行うダイ・バイ・ダイ(D/D)アライメント方式である。もう1つは、ウエハ上のいくつかのショット領域のみのアライメントマークを検出してショット領域の配列の規則性を求めることで、各ショット領域を位置合わせするグローバル・アライメント方式である。現在のところ、デバイス製造ラインではスループットとの兼ね合いから、主にグローバル・アライメント方式が使用されている。特に現在では、例えば特開昭61-44429号公報及びこれに対応する米国特許第4,780,617号、特開昭62-84516号公報などに開示されるように、ウエハ上のショット領域の配列の規則性を統計的手法によって精密に特定するエンハンスド・グローバル・アライメント(EGA)方式が主流となっている。

EGA方式とは、1枚のウエハにおいて予め特定ショット領域として選択された複数個(3個以上必要であり、通常7~15個程度)のショット領域のみの位置座標を計測し、これらの計測値から統計演算処理(最小二乗法等)を用いてウエハ上の全てのショット領域の位置座標(ショット領域の配列)を算出した後、この算出したショット領域の配列に従ってウエハステージをステップ

ングさせていくものである。このEGA方式は計測時間が短くて済み、ランダムな計測誤差に対して平均化効果が期待できるという長所がある。

ここで、EGA方式で行われている統計処理方法について簡単に説明する。ウエハ上の m ($m \geq 3$ なる整数) 個の特定ショット領域(「サンプルショット領域」又は「アライメントショット領域」とも呼ばれる)の設計上の配列座標を (X_n, Y_n) ($n = 1, 2, \dots, m$) とし、設計上の配列座標からのずれ $(\Delta X_n, \Delta Y_n)$ について次式(1)で示されるような線形モデルを仮定する。

$$\begin{pmatrix} \Delta X_n \\ \Delta Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_n \\ Y_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \quad \dots (1)$$

さらに、 m 個のサンプルショット領域の各々の実際の配列座標の設計上の配列座標からのずれ(計測値)を $(\Delta x_n, \Delta y_n)$ としたとき、このずれと上記線形モデルで仮定される設計上の配列座標からのずれとの残差の二乗和 E は次式(2)で表される。

$$E = \sum \{ (\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2 \} \quad \dots (2)$$

そこで、この式を最小にするようなパラメータ a, b, c, d, e, f を求めれば良い。EGA方式では、上記の如くして算出されたパラメータ $a \sim f$ と設計上の配列座標とに基づいて、ウエハ上の全てのショット領域の配列座標が算出されることになる。

ところで、同一のデバイスの製造ラインでは、複数の露光装置(号機)間での重ね合わせ露光がしばしば行われる。このような場合、露光装置相互間のステージのグリッド誤差(各露光装置におけるウエハの移動位置を規定するステージ座標系相互間の誤差)が存在するため、重ね合わせ誤差が生じてしまう。また、仮に露光装置相互間でステージのグリッド誤差がない場合や、同一露光装置においても、エッチング、CVD(ケミカル・ベイパー・デポジション)、CMP(ケミカル・メカニカル・ポリッシング)などのプロセス処理工程を経た各層間における重ね合せでは、プロセス工程がショット領域の配列に歪み

を与えるため重ね合わせ誤差が生じることがある。

かかる場合に、重ね合わせ誤差（ショット領域の配列誤差）の要因であるウエハ上のショット領域の配列誤差変動が線形的な成分である場合には、前述したEGA方式のウエハアライメントにより除去することが可能であるが、非線形な成分である場合には、これを除去することが困難である。これは、前述の説明からも分かるように、EGA方式ではウエハ上のショット領域の配列誤差が線形であるものとして扱っている、換言すればEGA演算は線形な1次近似だからである。従って、EGA方式を用いて補正できる成分は、ウエハの伸縮、回転等の線形成分のみであり、ウエハ上の局所的な配列誤差変動、すなわち非線形な歪み成分には、EGA方式により対応することは困難である。

現状では、このような状況に対し、例えば特開平5-304077号公報及びこれに対応する米国特許第5,525,808号などに詳細に開示されるいわゆる重み付けEGA方式のウエハアライメントにより対応することがなされている。ここで、この重み付けEGA方式について簡単に説明する。

すなわち、この重み付けEGA方式では、ウエハ上の複数のショット領域（区画領域）のうち、予め選択された少なくとも3つのサンプルショットの静止座標系上における位置座標を計測する。次いで、ウエハ上のショット領域毎に、当該ショット領域（その中心点）とサンプルショット（その中心点）の各々との間の距離に応じて、あるいはショット領域とウエハ上で予め規定された所定の着目点との間の距離（第1情報）と、当該着目点とサンプルショットの各々との間の距離（第2情報）とに応じて、サンプルショットの静止座標系上における位置座標の各々に重み付けを行い、かつこの重み付けされた複数の位置座標を用いて統計演算（最小二乗法、又は単純なる平均化処理等）を行うことにより、ウエハ上の複数のショット領域の各々の静止座標系上における位置座標を決定する。そして、決定された位置座標に基づいて、ウエハ上に配列された複数のショット領域の各々を、静止座標系内の所定の基準位置（例えば、レ

チクルパターンの転写位置）に対して位置合わせする。

このような重み付けE G A方式によると、局所的な配列誤差（非線形な歪み）が存在するウエハであっても、サンプルショット数が比較的少なく済み、かつ計算量を抑えながら、所定の基準位置に対して全てのショット領域を高精度、高速にアライメントすることが可能である。

ところで、重み付けE G A方式では、上記公報にも開示されるように、例えば次の式（4）で表されるような重み付け W_{in} を用いて、式（3）で示されるような残差の二乗和 E_i が最小となるようなパラメータ a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f をショット領域毎に求める。

$$E_i = \sum_{n=1}^m W_m \{ (\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2 \} \quad \dots (3)$$

$$W_m = \frac{1}{\sqrt{2\pi S}} e^{-L_{kn}^2 / 2S} \quad \dots (4)$$

上式（4）において、 L_{kn} は、対象となるショット領域（ i 番目のショット領域）と n 番目のサンプルショットとの距離である。 S は、重み付けを決定するパラメータである。

あるいは、重み付けE G A方式では、次の式（6）で表されるような重み付け W_{in}' を用いて、式（5）で示されるような残差の二乗和 E_i' が最小となるようなパラメータ a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f をショット領域毎に求める。

$$E_i' = \sum_{n=1}^m W_m' \{ (\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2 \} \quad \dots (5)$$

$$W_m' = \frac{1}{\sqrt{2\pi S}} e^{-(L_{Ei} - L_{Wn})^2 / 2S} \quad \dots (6)$$

上式（6）において、 L_{Ei} は、対象となるショット領域（ i 番目のショット領域）と着目点（ウエハセンタ）との距離、 L_{Wn} は、 n 番目のサンプルショットと着目点（ウエハセンタ）との距離である。また、式（4）、（6）におけるパラメータ S は、一例として次式（7）で表される。

$$S = \frac{B^2}{8 \cdot \text{Log}_e 10} \quad \dots (7)$$

式（７）において、Bは、重みパラメータであり、この重みパラメータBの物理的意味は、ウエハ上の各ショット領域の位置座標を計算するのに有効なサンプルショットの範囲（以下、単に「ゾーン」と呼ぶ）である。従って、ゾーンが大きい場合は有効なサンプルショットの数が多くなるので、従来のEGA方式で得られる結果に近くなる。逆にゾーンが小さい場合は、有効なサンプルショットの数が少なくなるので、D/D方式で得られる結果に近くなる。

現状の露光装置では、上述した重みパラメータは、５段階（最大ウエハと同じサイズ）に設定することが可能であるが、その設定は、オペレータの経験に基づき、若しくは実験（実際に重ね合せ露光をし）、又はシミュレーションにより、最適な領域を設定するという手法が採用されている。すなわち、重みパラメータ（ゾーン）の設定の根拠が明確となっていないため、経験則的に決定する他なかった。

また、重み付けEGA方式では、多数枚のウエハを連続的に処理する場合、それらのウエハが同一のプロセスを経たウエハであっても、全てのウエハに対して少なくとも選択されたサンプルショットについてはアライメントマークの計測（アライメント計測）を行わなければならない。特に、アライメントの計測精度をD/D方式と同程度に向上させるためには、全点に近いEGA計測点について計測を行う必要があるが、このような場合にはスループットが低下してしまう。

さらに、従来、重み付けEGA方式等では、EGA計測点の数も、経験則により決定していた。

SUMMARY OF THE INVENTION

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第１の目的は、基板の非線形な歪みを経験則によらず、適切に評価することができる評価方法を提供す

ることにある。

本発明の第2の目的は、経験則によらず、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を精度良くかつ高スループットで検出することができる位置検出方法を提供することにある。

本発明の第3の目的は、複数枚の基板を露光処理するに当たり、露光精度を向上させることができる露光方法を提供することにある。

本発明の第4の目的は、マイクロデバイスの生産性を向上させることができるデバイス製造方法を提供することにある。

本発明の第5の目的は、ロット毎に変動する重ね合わせ誤差、プロセス毎に変動する重ね合わせ誤差のいずれをも精度良く補正して高スループットで高精度な露光を実現することが可能な露光装置を提供することにある。

本発明の第1の観点からすると、基板の非線形歪みの規則性や程度を評価する評価方法であって、基板上の複数の区画領域の各々について、各区画領域に対応して設けられるマークを検出して所定の基準位置との位置ずれ量を求める工程と；前記基板上の着目する区画領域の前記位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める評価関数を用いて、前記基板の非線形歪みの規則性や程度を評価する工程と；を含む評価方法が、提供される。

これによれば、基板上の複数の区画領域の各々について、各区画領域に対応して設けられるマークを検出して所定の基準位置との位置ずれ量を求める。そして、基板上の着目する区画領域の前記位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める評価関数を用いて、基板の非線形歪みの規則性や程度を評価する。この評価関数により求められた相関が高い（1に近い）程、その着目する区画領域とその周囲の区画領域とには、ほぼ同じ

方向の非線形歪みが生じ、相関が低い（0に近い）程、その着目する区画領域とその周囲の区画領域とには、ランダムな方向の非線形歪みが生じている。また、複数の区画領域の中に、計測誤差が他の区画領域に比べて大きいいわゆる「跳び領域」が含まれている場合を考えると、その区画領域は周囲の区画領域との相関が殆ど零であるから、結果的に上記の評価関数を用いることにより、そのような跳び領域の影響を効果的に低減することができる。

従って、基板の非線形な歪みを経験則によらず、適切に評価することが可能となる。また、この評価結果に基づいて、例えば、EGA方式あるいは重み付けEGA方式における計測点（位置情報の計測に用いるマークの数及び配置の少なくとも一方）を、経験則によらず適切に決定することができる。なお、位置情報の計測に用いるマークは、通常、予め選択された基板上の特定の複数のショット領域（サンプルショット）に対応して設けられる。

この場合において、前記評価関数は、前記第1ベクトルと前記各第2ベクトルとの間の方向及び大きさについての相関を求めるための関数であることとしても良い。

本発明の評価方法では、前記評価関数を用いて、前記各区画領域を所定点に位置合わせするのに用いる位置情報の補正値を決定する工程を更に含むこととすることができる。

本発明の評価方法では、前記評価関数は、前記基板上の着目する区画領域を前記基板上のN個（Nは自然数）の区画領域のそれぞれに順次変更して得られる前記第1ベクトルとその周囲の複数の区画領域の各第2ベクトルとの少なくとも方向に関する相関を求めるためのN個の第1関数の相加平均に相当する第2関数であることとすることができる。かかる評価関数によれば、N個の区画領域を含む基板上の領域について、経験則に頼ることなく、非線形歪みの規則性や程度を評価することができる。特に、N個の区画領域が基板上の全区画領域に相当する場合には、基板の全体について経験則に頼ることなく、非線形歪

みの規則性や程度を評価することができる。

本発明の第2の観点からすると、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法であって、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記位置情報を算出する工程と；前記基板上の着目する区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの基準位置との位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める関数を用いて、前記位置情報の補正值及び該補正值を決定する補正パラメータの少なくとも一方を決定する工程と；を含む第1の位置検出方法が提供される。

本明細書において、「位置情報」とは、各区画領域の設計値からの位置ずれ量や、所定の基準位置に対する各区画領域の相対位置（例えば、露光装置の場合のマスクに対する基板上の区画領域の位置）や、区画領域相互の中心間距離など、各区画領域の位置に関する情報であって統計処理に適切な情報の全てを含む。

これによれば、基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出する。そして、上記の実測位置情報に基づいて得られる基板上の着目する区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの基準位置との位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める関数を用いて、前記位置情報の補正值及び該補正值を決定するパラメータの少なくとも一方を決定する。すなわち、上記関数を用いれば、前述の如く、経験則によらず、基板の非線形歪みを評価することができ、結果的にその関数を用いて、基板の非線形歪みの程度及び大きさを考慮した前記位置情報の補正值及び該補正值を決定するパラメータの少なくとも一方を、経験則によらず、決定すること

ができる。従って、経験則によらず、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を精度良く検出することができ、しかも実測位置情報を得るための複数のマークの検出は、基板上の一部のマークについて行えば足りるので、高スループットな検出が可能である。

本発明の第1の位置検出方法では、前記統計演算によって前記各区画領域の位置ずれ量の線形成分が補正されて前記位置情報が算出され、前記関数によって前記位置ずれ量の非線形成分が補正されるように前記補正值及び前記補正パラメータの少なくとも一方が決定されることとすることができる。

本発明の第1の位置検出方法では、前記実測位置情報は、前記区画領域の設計位置情報に基づく前記所定点との位置偏差に対応し、前記基板上の複数の区画領域のうち少なくとも3つの特定区画領域でそれぞれ得られる前記実測位置情報を用いて統計演算を行い、前記位置情報を導出する変換式のパラメータを算出することとすることができる。

この場合において、前記特定区画領域毎に前記実測位置情報に重みを与えて前記変換式のパラメータを算出するとともに、前記関数を用いて前記重みを決定することとしても良い。かかる場合には、重みを経験則によらず、適切に決定することができる。

本発明の第1の位置検出方法では、前記実測位置情報は、前記基板の移動位置を規定する静止座標系上における前記マークの座標値であり、前記位置情報は、前記各区画領域の前記静止座標系上における座標値であることとすることができる。

本発明の第1の位置検出方法では、前記位置情報の補正值は、前記関数を用いて最適化された補完関数に基づいて決定されることとしても良い。

本発明の第3の観点からすると、複数枚の基板上の複数の区画領域を順次露光して前記各基板上の各区画領域に所定のパターンをそれぞれ形成する露光方法であって、前記複数枚の基板の内の第2枚目以降の第n枚目の基板について

、本発明の第1の位置検出方法を用いて、各区画領域の位置情報を検出する工程と；前記検出結果に基づいて前記各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、当該各区画領域を露光する工程と；を含む第1の露光方法が提供される。

これによれば、複数枚、例えば1ロットの基板を露光処理するに当たり、ロット内の第2枚目以降の第 n 枚目の基板については、本発明の第1の位置検出方法を用いて、前記複数の区画領域それぞれの位置情報を検出するので、基板上の複数の区画領域の位置情報を精度良く、かつ高スループットで検出することができる。また、この精度良く検出された位置情報を用いて各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、露光を行うので、重ね合せ精度の良好な露光が可能になる。特に、第 n 枚目以降の全ての基板に対して上記の位置検出方法を適用する場合、最もスループットを向上させることができる。

本発明の第4の観点からすると、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法において、複数枚の基板でそれぞれ前記区画領域の位置情報を検出するために、前記複数枚の基板のうち第2枚目以降の第 n 枚目の基板については、該第 n 枚目の基板上の複数のマークを検出して得られる、少なくとも3つの特定区画領域でのその設計位置情報に基づく前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を用いて統計演算により算出した前記各区画領域の位置情報の線形成分と、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板での前記各区画領域の位置情報の非線形成分とを用いることを特徴とする第2の位置検出方法が提供される。

これによれば、複数枚、例えば、1ロットの基板でそれぞれ区画領域の位置情報を検出するに当たり、ロット内の第2枚目以降の第 n 枚目の基板については、該第 n 枚目の基板上の複数のマークを検出して得られる、少なくとも3つの特定区画領域でのその設計位置情報に基づく前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を用いて統計演算により算出した前記各区画領域の位置情報の線形成分と、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板での前記各区画領

域の位置情報の非線形成分とを用いる。このため、第 n 枚目の基板については、基板上の予め選択された最低 3 つの特定区画領域の位置情報を求めるための複数マークの検出を行うだけで、複数の区画領域それぞれの位置情報を正確に、かつ高スループットで検出することが可能になる。特に第 n 枚目以降の全ての基板について、第 n 枚目と同様にして、複数の区画領域各々の位置情報を求める場合、最もスループットを向上することができる。

本発明の第 2 の位置検出方法では、前記各区画領域についての前記位置情報の非線形成分は、前記第 n 枚目より前の少なくとも 1 枚の基板についての前記各区画領域の位置情報の計測結果を所定の評価関数を用いて評価した評価結果から得られる前記基板の非線形歪みの規則性や程度を示す指標に基づいて最適化された単一の補完関数と、前記第 n 枚目より前の少なくとも 1 枚の基板について求められた前記各区画領域の位置情報の非線形成分とに基づいて求められることとすることができる。この場合、前述した評価関数を用いることができる。

この場合において、前記補完関数が、フーリエ級数展開された関数である場合、前記評価結果に基づいて前記フーリエ級数展開の最高次数が最適化されることとすることができる。

本発明の第 2 の位置検出方法では、前記各区画領域についての前記位置情報の非線形成分は、前記第 n 枚目より前の少なくとも 1 枚の基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に重み付けをし、該重み付け後の情報を用いて統計演算を行って算出した前記各区画領域の位置情報と、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算を行って算出した前記各区画領域の位置情報との差に基づいて求められることとすることができる。

本発明の第 5 の観点からすると、複数枚の基板上の複数の区画領域を順次露光して前記各基板上の各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法であっ

て、前記複数枚の基板の内の第2枚目以降の第 n 枚目の基板について、本発明の第2の位置検出方法を用いて、各区画領域の位置情報を検出する工程；前記検出結果に基づいて前記各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、当該各区画領域を露光する工程と；を含む第2の露光方法が提供される。

これによれば、複数枚、例えば1ロットの基板を露光処理するに当たり、ロット内の第2枚目以降の第 n 枚目の基板については、本発明の第2の位置検出方法を用いて、前記複数の区画領域それぞれの位置情報を検出するので、基板上の複数の区画領域の位置情報を精度良く、かつ高スループットで検出することができる。また、この精度良く検出された位置情報を用いて各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、露光を行うので、重ね合せ精度の良好な露光が可能になる。特に、第 n 枚目以降の全ての基板に対して上記の位置検出方法を適用する場合、最もスループットを向上させることができる。

本発明の第6の観点からすると、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法であって、複数枚の基板でそれぞれ前記各区画領域の位置情報を検出するために、前記複数枚の基板のうち第2枚目以降の第 n 枚目の基板については、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板についての前記各区画領域の前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を所定の評価関数を用いて評価した評価結果から得られる前記基板の非線形歪みの規則性や程度を示す指標に基づいて前記複数の区画領域を、予めブロック化する工程と；前記ブロック毎に各ブロックに属する全ての区画領域の数である第1の数よりも小さい第2の数の区画領域についての前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を用いて対応するブロックに属する全ての区画領域の前記位置情報を決定する工程と；を含む第3の位置検出方法が、提供される。

これによれば、複数枚、例えば1ロットの基板でそれぞれ各区画領域の位置情報を検出するに際し、ロット内の第2枚目以降の n 枚目の基板については、

前記第 n 枚目より前の少なくとも 1 枚の基板についての各区画領域の前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を所定の評価関数を用いて評価した評価結果から得られる基板の非線形歪みの規則性や程度を示す指標に基づいて複数の区画領域を、予めブロック化し、ブロック毎に各ブロックに属する全ての区画領域の数である第 1 の数よりも小さい第 2 の数の区画領域についての前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を用いて対応するブロックに属する全ての区画領域の前記位置情報を決定する。すなわち、第 n 枚目の基板については、評価結果を用いることにより、基板の非線形歪みの規則性や程度に応じて適切なブロック分けを行い、その各ブロックに属する第 1 の数の区画領域を 1 つの大きな区画領域と見做して、区画領域毎に前述したダイ・バイ・ダイ方式と同様の手法によりそのブロック内の 1 又は複数の区画領域の位置情報（線形成分及び非線形成分を含む）を検出し、その検出位置情報が 1 つの場合はその位置情報を、その検出位置情報が複数の場合はそれらの平均値を、対応するブロックに属する全ての区画領域の位置情報とする。従って、従来のダイ・バイ・ダイ方式に比べて、区画領域の位置情報の検出精度を維持しつつ、検出（実測）に要する時間を短縮することができる。特に、第 n 枚目以降の全ての基板について、上記の手法を採用する場合には、最もスループットを向上させることができる。

本発明の第 7 の観点からすると、複数枚の基板上の複数の区画領域を順次露光して前記各基板上の各区画領域に所定のパターンをそれぞれ形成する露光方法であって、前記複数枚の基板の内の第 2 枚目以降の第 n 枚目の基板について、本発明の第 3 の位置検出方法を用いて、各区画領域の位置情報を検出する工程と；前記検出結果に基づいて前記各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、当該各区画領域を露光する工程と；を含む第 3 の露光方法が提供される。

これによれば、複数枚、例えば 1 ロットの基板を露光処理するに当たり、ロット内の第 2 枚目以降の第 n 枚目の基板については、本発明の第 3 の位置検出

方法を用いて、前記複数の区画領域それぞれの位置情報を検出するので、基板上の複数の区画領域の位置情報を精度良く、かつ高スループットで検出することができる。また、この精度良く検出された位置情報を用いて各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、露光を行うので、重ね合せ精度の良好な露光が可能になる。特に、第 n 枚目以降の全ての基板に対して上記の位置検出方法を適用する場合、最もスループットを向上させることができる。

本発明の第 8 の観点からすると、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法であって、前記基板上の着目する区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量を示す第 1 ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記基準位置との位置ずれ量を示す各第 2 ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める関数を用いて、重み付けのための重みパラメータを決定する工程と；前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に前記重みパラメータを用いて重み付けをし、該重み付け後の情報を用いて統計演算により前記位置情報を算出する工程と；を含む第 4 の位置検出方法である。

これによれば、上記関数を用いることにより、前述した如く、経験則によらず、基板の非線形歪みを評価することができ、結果的にその関数を用いて、基板の非線形歪みの程度及び大きさを考慮した重み付けのための重みパラメータを、経験則によらず、決定することができる。従って、経験則によらず、基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を精度良く検出することができ、しかも実測位置情報を得るための複数マークの検出は、基板上の複数区画領域の一部の区画領域に対応するマークについて行えば足りるので、高スループットな検出が可能である。

本発明は、第 9 の観点からすると、複数枚の基板上の複数の区画領域を順次露光して前記各基板上の各区画領域に所定のパターンをそれぞれ形成する露光方法であって、前記複数枚の基板の内の第 2 枚目以降の第 n 枚目の基板につい

て、本発明の第4の位置検出方法を用いて、各区画領域の位置情報を検出する工程と；前記検出結果に基づいて前記各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、当該各区画領域を露光する工程と；を含む第4の露光方法が提供される。

これによれば、複数枚、例えば1ロットの基板を露光処理するに当たり、ロット内の第2枚目以降の第n枚目の基板については、本発明の第4の位置検出方法を用いて、前記複数の区画領域それぞれの位置情報を検出するので、基板上の複数の区画領域の位置情報を精度良く、かつ高スループットで検出することができる。また、この精度良く検出された位置情報を用いて各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、露光を行うので、重ね合せ精度の良好な露光が可能になる。特に、第n枚目以降の全ての基板に対して上記の位置検出方法を適用する場合、最もスループットを向上させることができる。

本発明の第10の観点からすると、基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法であって、前記基板に関連する少なくとも2種類の条件のそれぞれについて、特定基板上の複数のマークの検出結果に基づいて、前記基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る少なくとも2種類の補正マップを、予め作成する工程と；露光に先立って、指定された条件に対応する補正マップを選択する選択工程と；前記基板上の複数の特定区画領域それぞれに対応して設けられた複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により前記各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を求め、該位置情報と前記選択された補正マップとに基づいて、前記基板を移動して前記各区画領域を露光する工程と；を含む第5の露光方法が提供される。

ここで、「基板に関連する条件」とは、基板が経てきたプロセスなどの他、例えばEGA方式などの基板アライメントに関するアライメントショット領域

数、アライメントショット領域の配置などは勿論、基準ウエハ等の基準基板を基準として基板のアライメントが行われる基準基板方式によるか、干渉計ミラーの曲がりによる直交度誤差等を補正しつつ干渉計基準で基板のアライメントが行われる干渉計基準方式によるか等の基板あるいは基板の処理に関連する全ての条件を含む。

これによれば、基板に関連する少なくとも2種類の条件のそれぞれについて、特定基板上の複数のマークの検出結果に基づいて、前記基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る少なくとも2種類の補正マップを、予め作成する。

ここで、特定基板上の複数のマークの配置（又はレイアウト）と複数の区画領域の配置（又はレイアウト）との間には、一定の関係があることは必要であるが、区画領域それぞれに対応してマークが設けられていることまでは必要でない。要は、複数のマークの検出結果に基づいて複数の区画領域の位置情報が得られれば良い。

基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置（例えば設計値）に対する位置ずれ量の非線形成分は、例えば、特定基板上の複数のマークの検出結果に基づいて得られる特定基板上の複数の区画領域の位置情報と、前述したEGA方式のアライメントにより求めた特定基板上の複数の区画領域の位置情報との差に基づいて得ることができる。これは、前述の如く、EGA方式は、基板（この場合は特定基板）上の区画領域の配列誤差の線形成分を補正した位置情報を各区画領域の位置情報として算出するため、両者の差が、各区画領域の配列誤差、すなわち各区画領域の基準位置（設計値）からの位置ずれ量の非線形成分に他ならないからである。この場合、補正マップの作成は、基板の処理に関連する条件毎に行っても、露光とは無関係に予め行うので、露光の際のスループットに影響を与えない。

そして、露光に先立って、基板に関する条件が、露光条件の1つとして指定

されると、その指定された基板に関する条件に対応する補正マップを選択する。そして、基板上の複数の特定区画領域それぞれに対応して設けられた複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を求め、該位置情報と前記選択された補正マップとに基づいて、基板を移動して各区画領域を露光する。すなわち、上記の統計演算により得られる各区画領域の個別の基準位置からの位置ずれ量の線形成分を補正した各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を、選択した補正マップに含まれる対応する補正情報（複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報）を用いて補正した位置情報を目標位置として基板が移動され、基板上の各区画領域の露光が行われる。従って、基板上の各区画領域に対して重ね合わせ誤差の殆どない高精度な露光が可能となる。

従って、本発明の第5の露光方法によれば、スループットを極力低下させることなく重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことが可能となる。

この場合において、前記少なくとも2種類の条件が、基板が経由した少なくとも2種類のプロセスに関する条件を含む場合には、前記補正マップの作成に際しては、経由したプロセスの異なる複数種類の特定基板のそれぞれについて前記補正マップを作成し、前記選択に際しては、露光対象の基板に対応する補正マップを選択することとすることができる。ここで、基板が経由した少なくとも2種類のプロセスに関する条件には、レジスト塗布、露光、現像、エッチング等の工程の流れは同じであるが、少なくとも1つの工程における処理条件が異なる場合も含まれる。

本発明の第5の露光方法では、前記少なくとも2種類の条件は、前記露光工程において前記マークが検出される前記複数の特定区画領域の選択に関する少なくとも2種類の条件を含む場合には、前記マップの作成に際しては、前記特定基板上の複数の区画領域の各々について、各区画領域に対応して設けられる

マークを検出して得られる、個別の基準位置に対する位置ずれ量をそれぞれ求め、前記特定区画領域の選択に関する条件毎に、前記特定基板上の前記条件に対応する複数の特定区画領域に対応するマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記各区画領域の前記位置情報を算出し、該位置情報と前記各区画領域の前記位置ずれ量とに基づいて、前記各区画領域の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップを作成し、前記選択に際しては、指定された特定の区画領域の選択情報に対応する補正マップを選択することとすることができる。

本発明の第5の露光方法では、特定基板は、プロセス基板であっても勿論良いが、前記特定基板は、基準基板であることとしても良い。

本発明の第5の露光方法では、前記露光に際しては、前記基板上の露光対象の区画領域に、周辺の区画領域であって前記補正マップにその補正情報が含まれていない欠け領域が含まれている場合には、前記補正マップ中の前記欠け領域に隣接する複数の区画領域の補正情報を用いて、ガウス分布を仮定した重み付け平均演算により、前記欠け領域の補正情報を算出することとすることができる。

本発明の第11の観点からすると、基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法であって、基準基板上の複数のマークを検出して各マークに対応するマーク領域の位置情報を計測する工程と；前記計測された位置情報を用いて統計演算により前記各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の線形成分が補正された計算上の位置情報を算出する工程と；前記計測された位置情報と前記計算上の位置情報とに基づいて、前記各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第1補正マップを作成する工程と；露光に先立って、指定された区画領域の配列に関する情報に基づいて前記第1補正マップを、前記各区画領域の個別の基準位置からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含

む第2補正マップに変換する工程と；前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により前記区画領域それぞれの所定点との位置合わせに用いられる位置情報を求め、前記位置情報と前記第2補正マップとに基づいて、前記基板を移動して前記各区画領域を露光する露光工程と；を含む第6の露光方法が提供される。

これによれば、基準基板上の複数のマークを検出して各マークに対応するマーク領域の位置情報を計測し、この計測された位置情報を用いて統計演算により各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の線形成分が補正された計算上の位置情報を算出する。ここで、統計演算としては、前述したEGA方式で行われている統計処理と同様の演算を用いることができる。次いで、計測された位置情報と計算上の位置情報とに基づいて、各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第1補正マップを作成する。この場合、第1補正マップの作成は、露光とは無関係に予め行うことができるので、露光の際のスループットに影響を与えない。

そして、露光に先立って、区画領域の配列に関する情報が露光条件の1つとして指定されると、その指定された情報に基づいて第1補正マップを、各区画領域の個別の基準位置からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第2補正マップに変換する。次いで、基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により区画領域それぞれの所定点との位置合わせに用いられる位置情報を求め、その位置情報と第2補正マップとに基づいて、基板を移動して各区画領域を露光する。すなわち、上記の実測位置情報に基づいて行われる統計演算により得られる各区画領域の個別の基準位置からの位置ずれ量の線形成分を補正した各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を、第2補正マップに含まれる対応する補正情報（各区画領域の個別の基準位置からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報）を用いて補正した位置情報を目標位置として基板が移動され、基板上

の各区画領域の露光が行われる。従って、基板上の各区画領域に対して重ね合わせ誤差の殆どない高精度な露光が可能となる。

従って、本発明の第6の露光方法によれば、スループットを極力低下させることなく重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことが可能となる。特に、本発明の第6の露光方法によれば、基準基板上のマークの検出結果に基づいて得られた補正情報により、最終的に基板上の各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報が補正されるので、例えば同一のデバイス製造ラインで基準となる全ての露光装置を、基準基板を基準として重ね合わせ精度の向上を図ることができる。この場合、各露光装置における基板上の区画領域の配列に関する情報（ショットマップデータ）の如何に関わらず、複数の露光装置間の重ね合わせ露光を高精度に行うことが可能となる。

本発明の第6の露光方法では、前記マップの変換は、前記各区画領域の基準位置毎に、隣接する複数のマーク領域についての補正情報に基づき、ガウス分布を仮定した重み付け平均演算により、各基準位置の補正情報を算出することにより行われることとすることもできる。あるいは、前記マップの変換は、前記基板上の部分領域について非線形歪みの規則性や程度を所定の評価関数を用いて評価した評価結果に基づいて最適化された単一の補完関数と、前記各マーク領域の補正情報とに基づいて、前記各区画領域の基準位置毎に、補完演算を行うことによって実現されることとすることもできる。

本発明の第12の観点からすると、投影像の歪みを補正可能な露光装置を少なくとも1つ含む複数の露光装置を用いて複数枚の基板上の複数の区画領域を順次露光して各基板上の各区画領域に所定のパターンをそれぞれ形成する露光方法であって、予め測定した前記基板と同一のプロセスを経た少なくとも1枚の特定基板についての重ね合わせ誤差情報を解析する解析工程；前記解析結果に基づいて、前記特定基板上の各区画領域の位置ずれ量に異なる平行移動成分を含む区画領域間の誤差が支配的であるか否かを判断する第1判断工程；前記

第1判断工程において前記区画領域間の誤差が支配的であると判断された場合に、前記区画領域間の誤差が非線形成分を含むか否かを判断する第2判断工程；前記第2判断工程において前記区画領域間の誤差が非線形成分を含まないと判断された場合に、任意の露光装置を用いて、前記基板上の複数の特定区画領域に対応するマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記基板上の各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置情報に基づいて基板を移動して前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンをそれぞれ形成する第1露光工程と；前記第2判断工程において前記区画領域間の誤差が非線形成分を含むと判断された場合に、前記区画領域間の誤差を補正した状態で基板を露光可能な露光装置を用いて前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンをそれぞれ形成する第2露光工程と；前記第1判断工程において前記区画領域間の誤差が支配的でないと判断された場合には、前記投影像の歪みを補正可能な露光装置の1つを選択し、該選択した露光装置を用いて前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンをそれぞれ形成する第3露光工程と；を含む第7の露光方法である。

これによれば、予め測定した露光対象の基板と同一のプロセスを経た少なくとも1枚の特定基板についての重ね合わせ誤差情報を解析し、その解析結果に基づいて、特定基板上の各区画領域の位置ずれ量に異なる平行移動成分を含む区画領域間の誤差が支配的であるか否かを判断する。そして、この判断の結果、区画領域間の誤差が支配的であると判断された場合には、さらに区画領域間の誤差が非線形成分を含むか否かを判断する。

そして、判断の結果、区画領域間の誤差が非線形成分を含まないと判断された場合には、任意の露光装置を用いて、基板上の複数の特定区画領域に対応するマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記基板上の各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置

情報に基づいて基板を移動して各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域にパターンを形成する。すなわち、基板上の区画領域間の誤差が非線形成分を含まない（線形成分のみを含む）場合には、例えば前述したEGA方式のアライメントと同様の統計演算により求めた各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報に基づいて各基板を移動して露光を行うことにより、重ね合わせ誤差（区画領域の位置ずれ量の線形成分）を補正した状態で高精度な露光が可能となる。

一方、上記判断の結果、前記区画領域間の誤差が非線形成分を含むと判断された場合には、区画領域間の誤差（線形成分のみならず非線形成分も）を補正した状態で基板を露光可能な露光装置を用いて各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域にパターンを形成する。この場合、重ね合わせ誤差を補正した状態で高精度な露光が可能となる。

この一方、前述の判断の結果、区画領域間の誤差が支配的でないと判断された場合には、投影像の歪みを補正可能な露光装置の1つを選択し、該選択した露光装置を用いて各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域にパターンを形成する。すなわち、区画領域間の誤差が殆どない場合には、全ての区画領域に位置ずれ及び変形の少なくとも一方が一律に生じているので、投影像の歪を補正可能な露光装置を用いることにより、仮に各区画領域に非線形な変形が生じている場合であっても、重ね合わせ誤差を補正した状態で高精度な露光が可能となる。

以上より、本発明の第7の露光方法によれば、露光対象の基板の部分的な変形などに影響を受けることなく、複数枚の基板に対し高精度な露光を行うことが可能となる。

本発明の第7の露光方法では、前記第2判断工程において前記区画領域間の誤差が非線形成分を含むと判断された場合に、前記区画領域間の誤差を補正した状態で基板を露光可能な任意の1つの露光装置を選択して露光を指示する選

択工程と；該露光が指示された露光装置による露光対象の基板が属するロットを含む複数のロットにおける重ね合わせ誤差の大小を判断する第3判断工程と；を更に含み、

前記第2露光工程では、前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンをそれぞれ形成するに際し、前記第3工程における判断の結果、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断された場合に、前記露光装置が、そのロットの先頭から所定枚数の基板については、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、前記実測位置情報と所定の関数とを用いて前記各区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量の非線形成分を算出し、前記算出された位置情報及び前記非線形成分に基づいて前記基板を移動し、残りの基板については、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置情報と前記算出された非線形成分とに基づいて前記基板を移動し、前記第3判断工程における判断の結果、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断された場合には、ロット内の各基板について、基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、該位置情報と予め作成した基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップとに基づいて前記基板を移動することとすることができる。

本発明の第13の観点からすると、複数枚の基板を露光して各基板上の複数の区画領域に所定のパターンをそれぞれ形成する露光装置であって、露光対象の基板が属するロットを含む複数のロットにおける重ね合わせ誤差の大小を判断する判断装置と；前記判断装置により、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断された場合に、そのロットの先頭から所定枚数の基板を露光する際には

、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、前記実測位置情報と所定の関数とを用いて前記各区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量の非線形成分を算出し、前記算出された位置情報及び前記非線形成分に基づいて前記基板を移動するとともに、前記ロット内の残りの基板を露光する際には、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置情報と前記算出された非線形成分とに基づいて前記基板を移動する第1制御装置と；前記判断装置により、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断された場合には、ロット内の各基板を露光する際に、基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、該位置情報と予め作成した基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップとに基づいて前記基板を移動する第2制御装置と；を備える露光装置が、提供される。

これによれば、基板の露光に先立って、判断装置により、露光対象の基板が属するロットを含む複数のロットにおける重ね合わせ誤差の大小が判断される。そして、判断装置により、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断された場合には、第1制御装置が、そのロットの先頭から所定枚数の基板を露光する際には、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、前記実測位置情報と所定の関数とを用いて前記各区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量の非線形成分を算出し、前記算出された位置情報及び前記非線形成分に基づいて前記基板を移動するとともに、前記ロット内の残りの基板を露光する際には、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出

し、該位置情報と前記算出された非線形成分とに基づいて前記基板を移動する。このため、ロット毎に変動する各区画領域の位置ずれ量を補正して重ね合わせ精度の良好な露光を実現することができる。しかも、ロット内のロット先頭から所定数枚より後の基板については、複数のマークを検出して得た実測位置情報を用いた統計演算を行い、この演算結果とロット先頭から所定数枚について得た位置ずれ量の非線形成分とに基づいて基板を目標位置に移動できるので高スループットな露光が可能になる。

一方、前記判断装置により、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断された場合には、第2制御装置が、ロット内の各基板を露光する際に、基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、該位置情報と予め作成した基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップとに基づいて前記基板を移動する。このため、プロセス毎に変動する各区画領域の位置ずれ量を補正して重ね合わせ精度の良好な露光を実現することができる。しかも、各区画領域の位置ずれ量の非線形成分の補正は、予め作成した補正マップに基づいて行うので、高いスループットの露光が可能となる。

従って、本発明の露光装置によれば、ロット毎に変動する重ね合わせ誤差、プロセス毎に変動する重ね合わせ誤差のいずれをも精度良く補正して高スループットで高精度な露光を実現することが可能となる。

本発明の第14の観点からすると、基板上の複数の区画領域をそれぞれ露光して各区画領域にパターンを形成する露光方法であって、前記基板を露光する露光装置の重ね合わせ誤差情報に基づき、前記基板上で区画領域間の誤差が支配的であるときには第1アライメントモードを選択し、かつ前記区画領域間の誤差が支配的でないときには前記第1アライメントモードと異なる第2アライメントモードを選択する工程と；前記選択されたアライメントモードに基づい

て、前記基板上の複数のマークをそれぞれ検出して得られる位置情報から前記各区画領域の位置情報を決定する工程と；を含む第 8 の露光方法が提供される。

また、リソグラフィ工程において、本発明の第 1 ～第 8 の露光方法のいずれかを用いて露光を行うことにより、重ね合わせ精度を高精度に維持し、かつ高いスループットで露光が行われる。この結果、より微細な回路パターンを重ね合わせ精度良く基板上に形成することが可能になり、高集積度のマイクロデバイスの生産性（歩留まりを含む）を向上させることができる。従って、本発明の更に別の観点からは、本発明の第 1 ～第 8 の露光方法をそれぞれ用いるデバイス製造方法が提供される。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

In the accompanying drawings ;

図 1 は、本発明の露光方法を実施するための第 1 の実施形態に係るリソグラフィシステムの構成を概略的に示す図；

図 2 は、図 1 の露光装置 100₁の概略構成を示す図；

図 3 は、第 1 の実施形態において、基準ウエハを用いて補正マップから成るデータベースを作成する際の主制御系 20 内の CPU の制御アルゴリズムを概略的に示すフローチャート；

図 4 は、リソグラフィシステムによるウエハの露光処理に関する全体的なアルゴリズムを概略的に示すフローチャート；

図 5 は、図 4 のサブルーチン 268 において、同一ロット内の複数枚のウエハ W に対して第 2 層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を行う場合の露光装置 100₁の主制御系 20 内の CPU の制御アルゴリズムを示すフローチャート；

図 6 は、図 5 のサブルーチン 301 の処理の一例を示すフローチャート；

図 7 は、式 (8) の評価関数の意味内容を説明するためのウエハ W の平面図
;

図 8 は、図 7 に示されるウエハに対応する具体的な評価関数 $W_1(s)$ の一例を示す線図 ;

図 9 は、図 4 のサブルーチン 270 において、同一ロット内の複数枚のウエハ W に対して第 2 層目 (セカンドレイヤ) 以降の層の露光処理を行う場合の露光装置 100₁ の主制御系 20 内の CPU の制御アルゴリズムを示すフローチャート ;

図 10 は、欠けショット領域における非線形歪みを推定する方法を説明するための図 ;

図 11 は、重み $W(r_i)$ の分布として仮定されたガウス分布の一例を示す線図 ;

図 12 は、本発明の第 2 の実施形態において、第 1 補正マップの作成の際の主制御系 20 内の CPU の制御アルゴリズムを簡略化して示すフローチャート ;

図 13 は、本発明の第 2 の実施形態において、サブルーチン 270 における、同一ロット内の複数枚のウエハ W に対して第 2 層目 (セカンドレイヤ) 以降の層の露光処理を行う場合の露光装置 100₁ の主制御系 20 内の CPU の制御アルゴリズムを示すフローチャート ;

図 14 は、基準ウエハ W_F1 を示す平面図 ;

図 15 は、図 14 の円 F 内の拡大図 ;

図 16 は、本発明の第 3 の実施形態において、サブルーチン 268 における、同一ロット内の複数枚のウエハ W に対して第 2 層目 (セカンドレイヤ) 以降の層の露光処理を行う場合の露光装置 100₁ の主制御系 20 内の CPU の制御アルゴリズムを示すフローチャート ;

図 17 は、本発明に係るデバイス製造方法の一実施形態を説明するためのフ

ローチャート；

及び

図18は、図17のステップ504の詳細な処理の一例を示すフローチャート。

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

《第1の実施形態》

図1には、本発明の第1の実施形態に係るリソグラフィシステム110の全体構成が概略的に示されている。

このリソグラフィシステム110は、N台の露光装置100₁、100₂、…、100_N、重ね合わせ測定器120、集中情報サーバ130、ターミナルサーバ140、及びホストコンピュータ150等を備えている。露光装置100₁～100_N、重ね合わせ測定器120、集中情報サーバ130及びターミナルサーバ140は、ローカルエリアネットワーク（LAN）160を介して相互に接続されている。また、ホストコンピュータ150は、ターミナルサーバ140を介してLAN160に接続されている。すなわち、ハードウェア構成上では、露光装置100_i（ $i=1\sim N$ ）、重ね合わせ測定器120、集中情報サーバ130、ターミナルサーバ140、及びホストコンピュータ150の相互間の通信経路が確保されている。

露光装置100₁～100_Nのそれぞれは、ステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（いわゆる「ステッパ」）であっても良いし、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（以下、「走査型露光装置」という）であっても良い。なお、以下の説明においては、露光装置100₁～100_Nの全てが、投影像の歪み調整能力を有する走査型露光装置であるものとする。特に、露光装置100₁は、ショット領域間の非線形誤差の補正機能（以下、「グリッド補正機能」とも呼ぶ）を有する走査型露光装置であるものとする。露光装置100₁～100_Nの構成等については、後述する。

前記重ね合わせ測定器 120 は、例えば、連続的に処理される多数ロット（1 ロットは例えば 25 枚）のウエハについて、各ロットの先頭の数枚のウエハ、あるいはパイロットウエハ（テストウエハ）について重ね合わせ誤差測定を実行する。

すなわち、上記のパイロットウエハなどは、プロセスに従って所定の露光装置により露光が行われ、既に一層以上のパターンが形成された状態で、次層（レイヤ）以降で使用される可能性がある露光装置、例えば各露光装置 100_i に投入され、それらの露光装置により実際にレチクルのパターン（このパターンには少なくともレジストレーション計測マーク（重ね合わせ誤差計測マーク）が含まれる）が転写され、その後に現像などの処理が行われて、重ね合わせ測定器 120 に投入される。そして、その重ね合わせ測定器 120 は、投入されたウエハ上に異なる層の露光の際に形成されたレジストレーション計測マーク像（例えばレジスト像）同士の重ね合わせ誤差（相対位置誤差）を計測し、更に所定の演算を行って重ね合わせ誤差情報（次層（レイヤ）以降で使用される可能性がある露光装置の重ね合わせ誤差情報）を算出する。すなわち、重ね合わせ測定器 120 は、このようにして各パイロットウエハの重ね合わせ誤差情報を測定する。

重ね合わせ測定器 120 の制御系（不図示）は、LAN160 を介して、集中情報サーバ 130 との間で通信を行い、後述するデータの授受を行う。また、この重ね合わせ測定器 120 は、LAN160 及びターミナルサーバ 140 を介して、ホストコンピュータ 150 との間で通信を行う。さらに、重ね合わせ測定器 120 は、LAN160 を介して露光装置 100₁～100_N との間で通信を行うことも可能である。

前記集中情報サーバ 130 は、大容量記憶装置とプロセッサとから構成される。大容量記憶装置には、ウエハ W のロットに関する露光履歴データを記憶している。露光履歴データには、重ね合わせ測定器 120 で事前に計測された各

ロットのウエハに対応するパイロットウエハなどについて計測された各露光装置 100_i の重ね合わせ誤差情報（以下、「ロットのウエハの重ね合わせ誤差情報」と呼ぶ）の他、各層の露光時における各露光装置 100_i の結像特性の調整（補正）パラメータなどが含まれている。

本実施形態では、各ロットのウエハについて特定の層間の露光時における重ね合わせ誤差データは、前述の如く、重ね合わせ測定器 120 によりパイロットウエハ（テストウエハ）又は各ロットの先頭の数枚のウエハについて計測された重ね合わせ誤差情報に基づいて重ね合わせ測定器 120 の制御系（あるいはその他のコンピュータ）によって算出され、集中情報サーバ 130 の大容量記憶装置に格納される。

前記ターミナルサーバ 140 は、LAN 160 における通信プロトコルとホストコンピュータ 150 の通信プロトコルとの相違を吸収するためのゲートウェイプロセッサとして構成される。このターミナルサーバ 140 の機能によって、ホストコンピュータ 150 と、LAN 160 に接続された各露光装置 100₁～100_N 及び重ね合わせ測定器 120 との間の通信が可能となる。

前記ホストコンピュータ 150 は大型のコンピュータで構成され、本実施形態では、少なくともリソグラフィ工程を含むウエハ処理工程の統括制御を行っている。

図 2 には、グリッド補正機能を有する走査型露光装置である露光装置 100₁ の概略構成が示されている。グリッド補正機能とは、ウエハ上に既に形成された複数のショット領域相互間の位置誤差に平行移動成分であってかつ非線形な誤差成分が含まれている場合に、これを補正する機能を意味する。

露光装置 100₁ は、照明系 10、マスクとしてのレチクル R を保持するレチクルステージ RST、投影光学系 PL、基板としてのウエハ W が搭載されるウエハステージ WST、及び装置全体を統括制御する主制御系 20 等を備えている。

前記照明系10は、例えば特開平10-112433号公報、特開平6-349701号公報及びこれに対応する米国特許第5,534,970号などに開示されるように、光源、オプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズ又はロッドインテグレータ（内面反射型インテグレータ）等を含む照度均一化光学系、リレーレンズ、可変NDフィルタ、レチクルブラインド、及びダイクロイックミラー等（いずれも不図示）を含んで構成されている。上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

この照明系10では、回路パターン等が描かれたレチクルR上のレチクルブラインドで規定されたスリット状の照明領域部分を照明光ILによりほぼ均一な照度で照明する。ここで、照明光ILとしては、KrFエキシマレーザ光（波長248nm）などの遠紫外光、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）、あるいはF₂レーザ光（波長157nm）などの真空紫外光などが用いられる。照明光ILとして、超高圧水銀ランプからの紫外域の輝線（g線、i線等）を用いることも可能である。

前記レチクルステージRST上には、レチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、例えば磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータから成る不図示のレチクルステージ駆動部によって、レチクルRの位置決めのため、照明系10の光軸（後述する投影光学系PLの光軸AXに一致）に垂直なXY平面内で微少駆動可能であるとともに、所定の走査方向（ここではY軸方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。さらに、本実施形態では、上記磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータとして、X駆動用コイル、Y駆動用コイルの他にZ駆動用コイルを含むものを用いているため、レチクルステージRSTをZ軸方向にも微小駆動可能な構成となっている。

レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置は、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16によって、移動鏡15を介して、

例えば0.5～1 nm程度の分解能で常時検出される。レチクル干涉計16からのレチクルステージRSTの位置情報はステージ制御系19及びこれを介して主制御系20に供給される。ステージ制御系19では、主制御系20からの指示に応じ、レチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクルステージ駆動部（図示省略）を介してレチクルステージRSTを駆動制御する。

レチクルRの上方には、一対のレチクルアライメント系22（但し、紙面奥側のレチクルアライメント系は不図示）が、配置されている。この一対のレチクルアライメント系22は、ここでは図示が省略されているが、照明光ILと同じ波長の照明光にて検出対象のマークを照明するための落射照明系と、その検出対象のマークの像を撮像するためのアライメント顕微鏡とをそれぞれ含んで構成されている。アライメント顕微鏡は結像光学系と撮像素子とを含んでおり、アライメント顕微鏡による撮像結果は主制御系20に供給されている。この場合、レチクルRからの検出光をレチクルアライメント系22に導くための不図示の偏向ミラーが移動自在に配置されており、露光シーケンスが開始されると、主制御系20からの指令により、不図示の駆動装置により偏向ミラーはそれぞれレチクルアライメント系22と一体的に照明光ILの光路外に退避される。

前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AXの方向がZ軸方向とされている。投影光学系PLとしては、例えば両側テレセントリックな縮小系が用いられている。この投影光学系PLの投影倍率は例えば1/4、1/5あるいは1/6等である。このため、照明系10からの照明光ILによってレチクルRの照明領域が照明されると、このレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介してその照明領域内のレチクルRの回路パターンの縮小像（部分倒立像）が表面にレジスト（感光剤）が塗布されたウエハW上に形成される。

投影光学系PLとしては、図1に示されるように、複数枚、例えば10～2

0枚程度の屈折光学素子（レンズ素子）13のみから成る屈折系が用いられている。この投影光学系PLを構成する複数枚のレンズ素子13のうち、物体面側（レチクルR側）の複数枚のレンズ素子は、不図示の駆動素子、例えばピエゾ素子などによって、Z軸方向（投影光学系PLの光軸方向）にシフト駆動、及びXY面に対する傾斜方向（すなわちX軸回りの回転方向及びY軸回りの回転方向）に駆動可能な可動レンズとなっている。そして、結像特性補正コントローラ48が、主制御系20からの指示に基づき、各駆動素子に対する印加電圧を独立して調整することにより、各可動レンズが個別に駆動され、投影光学系PLの種々の結像特性（倍率、ディストーション、非点収差、コマ収差、像面湾曲など）が調整されるようになっている。なお、結像特性補正コントローラ48は、光源を制御して照明光ILの中心波長をシフトさせることができ、可動レンズの移動と同様に中心波長のシフトにより結像特性を調整可能となっている。

前記ウエハステージWSTは、投影光学系PLの図1における下方で、不図示のベース上に配置され、このウエハステージWST上には、ウエハホルダ25が載置されている。このウエハホルダ25上にウエハWが例えば真空吸着等によって固定されている。ウエハホルダ25は不図示の駆動部により、投影光学系PLの光軸に直交する面に対し、任意方向に傾斜可能で、かつ投影光学系PLの光軸AX方向（Z軸方向）にも微動可能に構成されている。また、このウエハホルダ25は光軸AX回りの微小回転動作も可能になっている。

ウエハステージWSTは、走査方向（Y軸方向）の移動のみならず、ウエハW上の複数のショット領域を前記照明領域と共役な露光領域に位置させることができるように、走査方向に直交する非走査方向（X軸方向）にも移動可能に構成されており、ウエハW上の各ショット領域を走査（スキャン）露光する動作と、次のショット領域の露光のための加速開始位置まで移動する動作とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作を行う。このウエハステージWSTは

例えばリニアモータ等を含むウエハステージ駆動部 24 により X Y 2 次元方向に駆動される。

ウエハステージ W S T の X Y 平面内での位置は、その上面に設けられた移動鏡 17 を介して、ウエハレーザ干渉計システム 18 によって、例えば 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能で常時検出されている。ここで、実際には、ウエハステージ W S T 上には、走査方向（Y 方向）に直交する反射面を有する Y 移動鏡と非走査方向（X 軸方向）に直交する反射面を有する X 移動鏡とが設けられ、これに対応してウエハレーザ干渉計 18 も Y 移動鏡に垂直に干渉計ビームを照射する Y 干渉計と、X 移動鏡に垂直に干渉計ビームを照射する X 干渉計とが設けられているが、図 1 ではこれらが代表的に移動鏡 17、ウエハレーザ干渉計システム 18 として示されているものである。すなわち、本実施形態では、ウエハステージ W S T の移動位置を規定する静止座標系（直交座標系）が、ウエハレーザ干渉計システム 18 の Y 干渉計及び X 干渉計の測長軸によって規定されている。以下においては、この静止座標系を「ステージ座標系」とも呼ぶ。なお、ウエハステージ W S T の端面を鏡面加工して、前述した干渉計ビームの反射面を形成しても良い。

ウエハステージ W S T のステージ座標系上における位置情報（又は速度情報）はステージ制御系 19、及びこれを介して主制御系 20 に供給される。ステージ制御系 19 では、主制御系 20 の指示に応じ、ウエハステージ W S T の上記位置情報（又は速度情報）に基づき、ウエハステージ駆動部 24 を介してウエハステージ W S T を制御する。

また、ウエハステージ W S T 上のウエハ W の近傍には、基準マーク板 F M が固定されている。この基準マーク板 F M の表面は、ウエハ W の表面と同じ高さに設定され、この表面には後述するアライメント系のいわゆるベースライン計測用の基準マーク、及びレチクルアライメント用の基準マークその他の基準マークが形成されている。

投影光学系 P L の側面には、オフアクシス方式のアライメント系 A S が設けられている。このアライメント系 A S としては、ここでは、例えば特開平 2 - 5 4 1 0 3 号公報及びこれに対応する米国特許第 4, 9 6 2, 3 1 8 号などに開示されているような (Field Image Alignment (F I A) 系) のアライメントセンサが用いられている。上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

このアライメント系 A S は、所定の波長幅を有する照明光 (例えば白色光) をウエハに照射し、ウエハ上のアライメントマークの像と、ウエハと共役な面内に配置された指標板上の指標マークの像とを、対物レンズ等によって、撮像素子 (C C D カメラ等) の受光面上に結像して検出するものである。アライメント系 A S はアライメントマーク (及び基準マーク板 F M 上の基準マーク) の撮像結果を、主制御系 2 0 へ向けて出力する。

露光装置 1 0 0₁ には、さらに、投影光学系 P L の最良結像面に向けて複数のスリット像を形成するための結像光束を光軸 A X 方向に対して斜め方向より供給する不図示の照射光学系と、その結像光束のウエハ W の表面での各反射光束をそれぞれスリットを介して受光する不図示の受光光学系とから成る斜入射方式の多点フォーカス検出系が、投影光学系 P L を支える支持部 (図示省略) に固定されている。この多点フォーカス検出系としては、例えば特開平 5 - 1 9 0 4 2 3 号公報、特開平 6 - 2 8 3 4 0 3 号公報及びこれに対応する米国特許第 5, 4 4 8, 3 3 2 号などに開示されるものと同様の構成のものが用いられ、ステージ制御系 1 9 はこの多点フォーカス検出系からのウエハ位置情報に基づいてウエハホルダ 2 5 を Z 軸方向及び傾斜方向に駆動する。上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

主制御系 2 0 は、マイクロコンピュータ又はワークステーションを含んで構成され、装置の構成各部を統括して制御する。主制御系 2 0 は、前述した L A N 1 6 0 に接続されている。また、本実施形態では、主制御系 2 0 を構成する

ハードディスク等の記憶装置、あるいはRAM等のメモリには、予め作成された複数種類の補正マップがデータベースとして格納されている。

その他の露光装置 $100_2 \sim 100_N$ も、主制御系のアルゴリズムの一部が異なる点を除き、露光装置 100_1 と同様に構成されている。

ここで、上記の補正マップの作成の手順について、簡単に説明する。この補正マップの作成手順は、大きくは、A. 特定基板としての基準ウエハの作製、B. 基準ウエハ上のマークの計測及びマーク計測結果に基づくデータベースの作成の手順で行われる。

A. 基準ウエハの作製

基準ウエハは、大略次の手順で作製される。

まず、シリコン基板（ウエハ）のほぼ全面に、二酸化シリコン（又は窒化シリコン、あるいはポリシリコンなど）の薄膜を成膜し、次いでこの二酸化シリコン膜の全面に不図示のレジスト塗布装置（コータ）を用いて感光剤（レジスト）を塗布する。そして、このレジスト塗布後の基板を、基準となる露光装置（例えば、同一のデバイス製造ラインで用いられる最も信頼性の高いスキャニング・ステッパ）のウエハホルダ上にロードするとともに、不図示の基準ウエハ用レチクル（基準マークパターンを拡大したパターンが形成された特殊なレチクル）をレチクルステージ上にロードして、その基準ウエハ用レチクルのパターンをシリコン基板上に、ステップ・アンド・スキャン方式で縮小転写する。

これにより、シリコン基板上の複数のショット領域（使用が予定される露光装置にロードされる実ウエハと同数のショット領域であることが望ましい）に基準マークパターン（実ウエハのアライメントに用いられるウエハアライメントマーク（サーチアライメントマーク、ファインアライメントマークなど）の像が転写形成される。

次に、この露光が終了したシリコン基板をウエハホルダからアンロードし、

不図示の現像装置（デベロッパ）を用いて現像する。これにより、シリコン基板表面に基準マークパターンのレジスト像が形成される。

そして、この現像処理が終了したシリコン基板に、不図示のエッチング装置を用いて基板表面が露出するまでエッチング処理を施す。次いで、このエッチング処理が終了したシリコン基板表面に残存するレジストを例えばプラズマアッシング装置等を用いて除去する。

これにより、シリコン基板上の二酸化シリコン膜に凹部として実ウエハと同一の配置の複数のショット領域それぞれに対応して基準マーク（ウエハアライメントマーク）が形成された基準ウエハが作製される。

なお、基準ウエハとしては、上記のように、二酸化シリコン膜にパターンニングによってマークを形成するものに限らず、シリコン基板に凹部としてマークを形成した基準ウエハを用いても良い。このような基準ウエハは、次のようにして作製することができる。

まず、シリコン基板のほぼ全面に、不図示のレジスト塗布装置（コータ）を用いて感光剤（レジスト）を塗布する。そして、このレジスト塗布後のシリコン基板を、前述と同様に、基準となる露光装置のウエハホルダ上にロードしてステップ・アンド・スキャン方式で基準ウエハ用レチクルのパターンを転写する。

次に、この露光が終了したシリコン基板をウエハホルダからアンロードし、不図示の現像装置（デベロッパ）を用いて現像する。これにより、シリコン基板表面に基準マークパターンのレジスト像が形成される。そして、この現像処理が終了したシリコン基板に、不図示のエッチング装置を用いてシリコン基板が僅かに彫り込まれるまでエッチング処理を施す。次いで、このエッチング処理が終了した基板表面に残存するレジストを例えばプラズマアッシング装置等を用いて除去する。

これにより、シリコン基板表面に凹部として、実ウエハと同一の配置の複数

のショット領域それぞれに対応して基準マーク（ウエハアライメントマーク）が形成された基準ウエハが作製される。

基準ウエハは、同一のデバイス製造ラインで用いられる複数の露光装置の精度管理用として使用されるので、その製造ラインで用いられる複数の露光装置が種々のショットマップデータ（ウエハ上の各ショット領域のサイズ及び配列のデータ）を使用する可能性がある場合には、それらのショットマップデータ毎に作製することが望ましい。

B. データベースの作成

次に、上述のようにして作製された基準ウエハを用いて、補正マップから成るデータベースを作成する際の動作について、露光装置 100₁ が備える主制御系 20 内の CPU の制御アルゴリズムを概略的に示す図 3 のフローチャートに沿って説明する。

前提として、露光の際に用いられるプロセスプログラムファイルと呼ばれる露光条件設定ファイルと同様に、露光装置 100₁ で使用される可能性があるアライメントショット領域（EGA 方式のウエハアライメントの際に選択される複数の特定のショット領域（アライメントショット領域））に関する情報や、ショットマップデータに関する情報などが、予め入力され不図示の RAM 内の所定領域に記憶されているものとする。

まず、ステップ 202 において、不図示のウエハローダを用いて図 1 のウエハホルダ 25 上のウエハ（基準ウエハを含む）と新たな基準ウエハとを交換する。但し、ウエハホルダ 25 上にウエハのない場合は、新たな基準ウエハをウエハホルダ 25 上に単にロードする。ここでは、上記の RAM 内の所定領域に記憶されている第 1 番目のショットマップデータに対応するショット領域の配列を有する基準ウエハが新たな基準ウエハとしてウエハホルダ 25 上にロードされることになる。

次のステップ 204 では、そのウエハホルダ 25 上にロードされた基準ウエ

ハのサーチアライメントを行う。具体的には、例えば、基準ウエハ中心に関してほぼ対称に周辺部に位置する少なくとも2つのサーチアライメントマーク（以下、「サーチマーク」と略述する）をアライメント系A Sを用いて検出する。これらの2つのサーチマークの検出は、それぞれのサーチマークがアライメント系A Sの検出視野内に位置するように、ウエハステージW S Tを順次位置決めしつつ、かつアライメント系A Sの倍率を低倍率に設定して行われる。そして、アライメント系A Sの検出結果（アライメント系A Sの指標中心と各サーチマークとの相対位置関係）と各サーチマーク検出時のウエハ干渉計システム18の計測値とに基づいて2つのサーチマークのステージ座標系上の位置座標を求める。しかる後、2つのサーチマークの位置座標から基準ウエハの残留回転誤差を算出し、この残留回転誤差がほぼ零となるようにウエハホルダ25を微小回転させる。これにより、基準ウエハのサーチアライメントが終了する。

次のステップ206では、基準ウエハ上の全てのショット領域のステージ座標系上における位置座標を計測する。具体的には、前述したサーチアライメント時における各サーチマークの位置座標の計測と同様にして、ウエハW上のファインアライメントマーク（ウエハマーク）のステージ座標系上における位置座標、すなわち、ショット領域の位置座標を求める。但し、ウエハマークの検出は、アライメント系A Sの倍率を高倍率に設定して行う。

次のステップ208では、RAM内の所定領域に記憶されている最初のアライメントショット領域の情報を選択して読み出す。

次のステップ210では、上記ステップ206で計測したショット領域の位置座標の中から上記ステップ208で読み出したアライメントショット領域に対応する位置座標と、それぞれの設計上の位置座標とに基づいて特開昭61-44429号公報及びこれに対応する米国特許第4,780,617号等に表示されるような最小自乗法を用いた統計演算（前述した式（2）のEGA演算

）を行い、前述した式（１）の６つのパラメータ $a \sim f$ （基準ウエハ上の各ショット領域の配列に関するローテーション θ 、 X 、 Y 方向のスケーリング S_x 、 S_y 、直交度 O_{rt} 、 X 、 Y 方向のオフセット O_x 、 O_y の６つのパラメータに対応）を算出するとともに、この算出結果と各ショット領域の設計上の位置座標とに基づいて、全ショット領域の位置座標（配列座標）を算出し、その算出結果、すなわち基準ウエハ上の全ショット領域の位置座標を内部メモリの所定領域に記憶する。上記米国特許における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

次のステップ２１２では、基準ウエハ上の全てのショット領域について、位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離する。具体的には、上記ステップ２１０で算出した各ショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差を位置ずれ量の線形成分として算出するとともに、前述したステップ２０６で実際に計測した全てのショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差から前記線形成分を差し引いた残差を位置ずれ量の非線形成分として算出する。

次のステップ２１４では、上記ステップ２１２で算出した非線形成分を各ショット領域の配列ずれを補正する補正情報として含む、その基準ウエハ（ここでは、第１番目の基準ウエハ）に対応するショットマップデータ及び上記ステップ２０８で選択したアライメントショット領域に対応する補正マップを作成する。

次のステップ２１６では、ＲＡＭ内の所定領域に記憶されている全てのアライメントショット領域に対応する補正マップを作成したか否かを判断し、この判断が否定された場合には、ステップ２１８に進んでＲＡＭ内の所定領域に記憶されている次のアライメントショット領域の情報を選択して読み出す。以後、上記ステップ２１０以下の処理を繰り返す。このようにして、第１番目の基準ウエハに対応するショットマップデータに関する予定される全てのアライメ

ントショット領域に対応する補正マップの作成が完了すると、ステップ216の判断が肯定されてステップ220に進む。

ステップ220では、RAM内の所定領域に記憶されている全てのショットマップデータに関する情報に基づいて、予定数の基準ウエハについての計測が終了したか否かを判断する。そして、この判断が否定された場合には、ステップ202に戻り、基準ウエハを次の基準ウエハに交換した後、上記と同様の処理判断を繰り返す。

このようにして、予定していた全ての基準ウエハ（すなわち、全ての種類のショットマップデータ）に関して、予定していた全てのアライメントショット領域の選択時に対応する補正マップの作成が終了すると、ステップ220の判断が肯定され、本ルーチンの一連の処理を終了する。これにより、RAM内には、露光装置100₁が使用する可能性があるショットマップデータとアライメントショット領域の選択との全ての組み合わせについて、各ショット領域の個別の基準位置（例えば設計位置）からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップがデータベースとして格納される。なお、ステップ212では、ステップ206で計測した位置座標と設計上の位置座標とステップ210で算出した位置座標（計算値）とを用いて各ショット領域の位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離したが、線形成分と非線形成分とを分離することなく、非線形成分のみを求めても良い。この場合には、ステップ206で計測した位置座標とステップ210で算出した位置座標との差を非線形成分とすれば良い。また、ステップ204のサーチアライメントはウエハWの回転誤差が許容範囲内であるときなどは行わなくても良い。

次に、本実施形態のリソグラフィシステム110によるウエハの露光処理のアルゴリズムを、図4～図9に基づいて説明する。

図4には、リソグラフィシステム110によるウエハの露光処理に関する全体的なアルゴリズムが概略的に示されている。

なお、図4に示される露光処理のアルゴリズムの実行の前提として、露光対象となるウエハWは、既に1層以上の露光が行われたものであり、また、ウエハWの露光履歴データなどは集中情報サーバ130に記憶されているものとする。また、集中情報サーバ130には、重ね合わせ計測器120で計測された露光対象のロットのウエハWと同一のプロセスを経たパイロットウエハの重ね合わせ誤差情報も格納されているものとする。

まず、ステップ242において、ホストコンピュータ150は、露光対象ロットに関してそのロットのウエハの重ね合わせ誤差情報を、集中情報サーバ130から読み出し、解析する。

次のステップ244において、ホストコンピュータ150は、上記の解析の結果、そのロットのウエハWでは、ショット間誤差が支配的であるか否かを判断する。ここで、ショット間誤差とは、ウエハW上に既に形成された複数のショット領域相互間の位置誤差に平行移動成分が含まれるような場合を意味する。従って、このステップ244は、ウエハW上のショット領域相互間の位置誤差が、ウエハ熱膨張、ステージグリッドの号機間（露光装置間）差及びプロセスに起因する変形成分のいずれも殆ど含まない場合に否定され、その他の場合に肯定されることとなる。

そして、このステップ244における判断が肯定された場合には、ステップ256に移行する。このステップ256では、ホストコンピュータ150は、ショット間誤差は非線形成分を含むか否かを判断する。

そして、ステップ256における判断が肯定された場合には、ステップ262に進む。このステップ262では、ホストコンピュータ150は、グリッド補正機能を有する露光装置（本実施形態では露光装置100₁）を選択して露光を指示する。このとき、ホストコンピュータ150は、露光条件の設定の指示も併せて行う。

次のステップ264では、露光装置100₁の主制御系20がLAN160

を介して集中情報サーバ130にその露光対象ロットを中心とする前後の複数ロットについての自装置に関するロットのウエハの重ね合わせ誤差情報を問い合わせる。そして、次のステップ266において、主制御系20は、上記の問い合わせの回答として、集中情報サーバ130から入手した複数ロットについての重ね合わせ誤差情報に基づいて、連続するロット間の重ね合わせ誤差を所定の閾値と比較して重ね合わせ誤差が大きいか否かを判断し、この判断が肯定された場合には、第1のグリッド補正機能を用いて重ね合わせ誤差を補正して、露光を行うサブルーチン268に進む。

このサブルーチン268では、露光装置100₁により、露光対象のロットのウエハWに対して次のようにして露光処理が行われる。

図5には、サブルーチン268において、同一ロット内の複数枚（例えば25枚）のウエハWに対して第2層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を行う場合の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムが示されている。以下、サブルーチン268において行われる処理について、図5のフローチャートに沿ってかつ適宜他の図面を参照しつつ説明する。

前提として、ロット内の全てのウエハは同一条件、同一工程で各種処理が施されているものとする。さらに、前提として、後述するロット内のウエハ番号(m)を示す不図示のカウンタのカウント値は「1」に初期設定されている($m \leftarrow 1$)ものとする。

まず、サブルーチン301において、所定の準備作業を行う。このサブルーチン301では、図6のステップ326において、上記ステップ262においてホストコンピュータ150から露光指示とともに与えられた露光条件の設定指示情報に対応するプロセスプログラムファイル（露光条件の設定ファイル）を選択して、これに従って露光条件の設定を行う。

次のステップ328では、不図示のレチクルローダを用いてレチクルステージRST上にレチクルRをロードする。

次のステップ330では、レチクルアライメント及びアライメント系ASのベースライン計測を行う。具体的には、主制御系20では、ウエハステージ駆動部24を介してウエハステージWST上の基準マーク板FMを投影光学系PLの直下に位置決めし、レチクルアライメント系22を用いてレチクルR上の一对のレチクルアライメントマークと基準マーク板FM上の前記一对のレチクルアライメントマークにそれぞれ対応するレチクルアライメント用の一对の第1基準マークとの相対位置を検出した後、ウエハステージWSTを所定量、例えばベースライン量の設計値だけXY面内で移動して、アライメント系ASを用いて基準マーク板FM上のベースライン計測用の第2基準マークを検出する。この場合、主制御系20では、このとき得られるアライメント系ASの検出中心と第2基準マークの相対位置関係及び先に計測したレチクルアライメントマークと基準マーク板FM上の第1基準マークとの相対位置と、それぞれに対応するウエハ干渉計システム18の計測値とに基づいて、ベースライン量（レチクルパターンの投影位置とアライメント系ASの検出中心（指標中心）との相対位置関係）を計測する。

このようにして、レチクルアライメント及びアライメント系ASのベースライン計測が終了すると、図5のステップ302にリターンする。

ステップ302では、不図示のウエハローダを用いて図1のウエハホルダ25上の露光処理済みのウエハ（便宜上「W'」と呼ぶ）と未露光のウエハWとを交換する。但し、ウエハホルダ25上にウエハW'のない場合は、未露光のウエハWをウエハホルダ25上に単にロードする。

次のステップ304では、そのウエハホルダ25上にロードされたウエハWのサーチアライメントを行う。具体的には、例えば、ウエハW中心に関してほぼ対称に周辺部に位置する少なくとも2つのサーチアライメントマーク（以下、「サーチマーク」と略述する）をアライメント系ASを用いて検出する。これらの2つのサーチマークの検出は、それぞれのサーチマークがアライメント

系A Sの検出視野内に位置するように、ウエハステージW S Tを順次位置決めしつつ、かつアライメント系A Sの倍率を低倍率に設定して行われる。そして、アライメント系A Sの検出結果（アライメント系A Sの指標中心と各サーチマークとの相対位置関係）と各サーチマーク検出時のウエハ干渉計システム18の計測値とに基づいて2つのサーチマークのステージ座標系上の位置座標を求める。しかる後、2つのマークの位置座標からウエハW残留回転誤差を算出し、この残留回転誤差がほぼ零となるようにウエハホルダ25を微小回転させる。これにより、ウエハWのサーチアライメントが終了する。

次のステップ306では、前述したカウンタのカウント値mが、所定の値n以上であるか否かを判断することにより、ウエハホルダ25（ウエハステージW S T）上のウエハWが、ロット内の第n枚目以降のウエハであるか否かを判断する。ここでは、所定の値nは2以上で25以下の任意の整数に予め設定される。以下においては、説明の便宜上から、 $n=2$ であるものとして説明を行う。この場合、ウエハWはロット先頭（第1枚目）のウエハであるから、初期設定により $m=1$ となっているので、ステップ306の判断は否定され、次のステップ308に進む。

ステップ308では、ウエハW上の全てのショット領域のステージ座標系上における位置座標を計測する。具体的には、前述したサーチアライメント時における各サーチマークの位置座標の計測と同様にして、ウエハW上のウエハアライメントマーク（ウエハマーク）のステージ座標系上における位置座標、すなわち、ショット領域の位置座標を求める。但し、ウエハマークの検出は、アライメント系A Sの倍率を高倍率に設定して行う。

次のステップ310では、上記ステップ308で計測したショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標とに基づいて前述した最小自乗法を用いた統計演算（前述した式（2）のEGA演算）を行い、前述した式（1）の6つのパラメータa～f（ウエハW上の各ショット領域の配列に関するローテー

ション θ 、X、Y方向のスケーリング S_x 、 S_y 、直交度 O_{rt} 、X、Y方向のオフセット O_x 、 O_y の6つのパラメータに対応)を算出するとともに、この算出結果とショット領域の設計上の位置座標とに基づいて、全ショット領域の位置座標(配列座標)を算出し、その算出結果、すなわちウエハW上の全ショット領域の位置座標を内部メモリの所定領域に記憶する。

次のステップ312では、ウエハW上の全てのショット領域について、位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離する。具体的には、上記ステップ310で算出した各ショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差を位置ずれ量の線形成分として算出するとともに、前述したステップ308で実際に計測した全てのショット領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差から前記線形成分を差し引いた残差を非線形成分として算出する。

次のステップ314では、上記ステップ312の処理中に算出した全てのショット領域の位置座標(実測値)とそれぞれの設計上の位置座標との差である位置ずれ量と、所定の評価関数とに基づいて、ウエハWの非線形歪みを評価し、この評価結果に基づいて補完関数(位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分を表現する関数)を決定する。

以下、このステップ314の処理について、図7及び図8を参照して詳述する。

上記のウエハWの非線形歪み、すなわち非線形成分の規則性及びその度合いを評価するための評価関数としては、例えば次式(8)で示される評価関数 $W_1(s)$ が用いられる。

$$W_1(s) = \frac{\sum_{k=1}^N \left(\frac{\sum_{i \in S} \frac{\vec{r}_i \cdot \vec{r}_k}{|\vec{r}_i| |\vec{r}_k|}}{\sum_{i \in S} 1} \right)}{N} \quad \dots (8)$$

図7には、上式(8)の評価関数の意味内容を説明するためのウエハWの平面図が示されている。図7において、ウエハW上には複数の区画領域としての

ショット領域 $S A$ (総ショット数 N) がマトリクス状配置で形成されている。各ショット領域内に矢印で示されるベクトル r_k ($k = 1, 2, \dots, i, \dots, N$) は、各ショット領域の位置ずれ量 (配列ずれ) を示すベクトルである。

上式 (8) において、 N はウエハ W 内のショット領域の総数を示し、 k はそれぞれのショット領域のショット番号を示す。また、 s は、図 7 に示される着目するショット領域 $S A_k$ の中心を中心とする円の半径を示し、 i は、着目する k 番目のショット領域から半径 s の円内に存在するショット領域のショット番号を示す。また、式 (8) 中の $i \in s$ が付された Σ は、着目する k 番目のショット領域 $S A_k$ から半径 s の円内に存在する全てのショット領域についての総和をとることを意味する。

いま、上式 (8) の右辺のかっこ内部分の関数を次式 (9) のように定義する。

$$f_k(s) = \frac{\sum_{i \in s} \frac{\vec{r}_i \cdot \vec{r}_k}{|\vec{r}_i| |\vec{r}_k|}}{\sum_{i \in s} 1} \quad \dots(9)$$

上式 (9) の関数 $f_k(s)$ の意味するところは、着目するショット領域の位置ずれベクトル r_k (第 1 ベクトル) と、その周囲 (半径 s の円内) のショット領域における位置ずれベクトル r_i が成す角度を θ_{ik} とした場合の $\cos \theta_{ik}$ の平均値である。従って、この関数 $f_k(s)$ の値が 1 ならば、半径 s の円内の全てのショット領域における位置ずれベクトルは、全て同じ方向を向いていることになる。0 ならば、半径 s の円内の全てのショット領域における位置ずれベクトルはお互いに全くランダムな方向を向いているということになる。すなわち、関数 $f_k(s)$ は、着目するショット領域の位置ずれベクトル r_k とその周囲の複数のショット領域の各位置ずれベクトル r_i との方向に関する相関を求めるための関数であり、これはウエハ W 上の部分領域について非線形歪みの規則性や程度を評価するための評価関数である。

従って、式 (8) の評価関数 $W_1(s)$ は、着目するショット領域 $S A_k$ をシ

ヨット領域 $S A_1$ から $S A_N$ に順次変更した際の関数 $f_k(s)$ の加算平均に他ならない。

図 8 には、図 7 に示されるウエハ W に対応する具体的な評価関数 $W_1(s)$ の一例が示されている。この図 8 から明らかなように、評価関数 $W_1(s)$ によると、 s の値に応じて $W_1(s)$ の値が変化するので、経験則に頼ることなく、ウエハ W の非線形歪みの規則性や程度を評価することができ、この評価結果を用いることにより、次のようにして、位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分を表現する補完関数を決定することができる。

まず、補完関数として、例えば次式 (10)、(11) でそれぞれ示されるようなフーリエ級数展開された関数を定義する。

$$\delta_x(x, y) = \sum_{p=0}^P \sum_{q=0}^Q \left(A_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + B_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right. \\ \left. + C_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + D_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right) \quad \dots(10)$$

$$A_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$B_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$C_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$D_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_x(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$\delta_y(x, y) = \sum_{p=0}^P \sum_{q=0}^Q \left(A'_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + B'_{pq} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right. \\ \left. + C'_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D} + D'_{pq} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D} \right) \quad \dots(11)$$

$$A'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$B'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \cos \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$C'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \cos \frac{2\pi qy}{D}}$$

$$D'_{pq} = \frac{\sum_{x,y} \Delta_y(x, y) \cdot \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}{\sum_{x,y} \sin \frac{2\pi px}{D} \cdot \sin \frac{2\pi qy}{D}}$$

上式(10)において、 A_{pq} 、 B_{pq} 、 C_{pq} 、 D_{pq} は、フーリエ級数係数であり、また、 $\delta_x(x, y)$ は、座標 (x, y) のショット領域の位置ずれ量(配列ずれ)の非線形成分のX成分(補完値、すなわち補正值)を示す。また、

$\Delta_x(x, y)$ は、前述したステップ 3 1 2 で算出された座標 (x, y) のショット領域の位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分の X 成分である。

同様に、上式 (1 1) において、 A_{pq}' 、 B_{pq}' 、 C_{pq}' 、 D_{pq}' は、フーリエ級数係数であり、また、 $\delta_y(x, y)$ は、座標 (x, y) のショット領域の位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分の Y 成分（補完値、すなわち補正值）を示す。また、 $\Delta_y(x, y)$ は、前述したステップ 3 1 2 で算出された座標 (x, y) のショット領域の位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分の Y 成分である。また、式 (1 0)、(1 1) において、 D はウエハ W の直径を示す。

上式 (1 0)、(1 1) の関数では、ショット領域の位置ずれ量（配列ずれ）の変動がウエハの直径当たり何周期存在するかを決定するパラメータ p 、 q の最大値 $p_{\max} = P$ 、 $q_{\max} = Q$ の決定が重要である。

その理由は、次の通りである。すなわち、今、ウエハ W の全ショット領域について得られたショット領域の配列ずれの非線形成分を上式 (1 0)、(1 1) で展開することを考える。この場合において、ショット領域の位置ずれ量（配列ずれ）の変動がショット領域毎に生じているものとして、パラメータ p 、 q の最大値 $p_{\max} = P$ 、 $q_{\max} = Q$ を 1 周期がショットピッチとなる場合に相当する最大値にした場合に、いずれかのショット領域として、アライメント誤差が他のショット領域に比べて大きい所謂「跳びショット」が含まれている場合を考える。このような跳びショットは、ウエハマークの崩れ等に起因する計測エラー、又はウエハ裏面の異物等に起因する局所的な非線形歪みにより発生するものである。このような場合、その跳びショットの計測結果までも含んで補完関数で表現してしまうことになる。これを防ぐためには、 P 、 Q を 1 周期がショットピッチとなる場合に相当する上述した最大値よりも小さな値にする必要がある。すなわち、跳びショットの計測結果などに起因する高周波成分は除去し、最適な低周波成分のみを補完関数で表現することが望ましい。

そこで、本実施形態では、前述した式 (8) の評価関数 $W_1(s)$ を用いて

、パラメータ p 、 q の最大値 $p_{\max} = P$ 、 $q_{\max} = Q$ を決定することとした。このようにすると、仮に、跳びショットが存在したとしても、その跳びショットと周囲のショット領域との間には相関は殆どない。従って、その跳びショットの計測結果は、式 (8) で示される $W_1(s)$ の値を増加させる要因にはならないので、結果的に式 (8) を用いることにより跳びショットの影響を低減あるいは除去することが可能になる。すなわち、図 8 において、例えば $W_1(s) > 0.7$ であるような半径 s 内の領域を互いに相関がある領域とみなし、その領域を 1 つの補完値で表現することを考えると、図 8 より、そのような s は $s = 3$ である。 P 、 Q はこの値 $s = 3$ 、及びウエハの直径 D を用いて次のように書くことができる。

$$P = D / s = D / 3, \quad Q = D / s = D / 3 \quad \cdots \cdots (12)$$

これにより、最適な P 、 Q を決定することができ、これにより式 (10)、(11) の補完関数を決定することができる。

次のステップ 318 では、上述のようにして決定した式 (10)、(11) の補完関数に、ステップ 312 で算出された座標 (x, y) のショット領域の位置ずれ量 (配列ずれ) の非線形成分の X 成分 $\Delta_x(x, y)$ 、 Y 成分 $\Delta_y(x, y)$ を、それぞれ代入して、演算を行うことにより、ウエハ W 上の全ショット領域の配列ずれの非線形成分の X 成分 (補完値、すなわち補正值) 及び Y 成分 (補完値、すなわち補正值) を算出した後、ステップ 322 に進む。

ステップ 322 では、前述した内部メモリ内の所定領域に記憶された全ショット領域の配列座標と、それぞれのショット領域について上記ステップ 318 で算出された位置ずれ量の非線形成分の補正值とに基づいて、各ショット領域について位置ずれ量 (線形成分及び非線形成分) が補正された重ね合わせ補正位置を算出するとともに、その重ね合わせ補正位置のデータと、予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハ W 上の各ショット領域の露光のための加速開始位置 (走査開始位置) にウエハ W を順次ステップングさせる動作と、レ

チクルステージ R S T とウエハステージ W S T とを走査方向に同期移動させつつレチクルパターンをウエハ上に転写する動作とを、繰り返して、ステップ・アンド・スキャン方式による露光動作を行う。これにより、ロット先頭（ロット内の第 1 枚目）のウエハ W に対する露光処理が終了する。

次のステップ 3 2 4 では、前述したカウンタのカウント値 $m > 24$ が成立するか否かを判断することにより、ロット内の全てのウエハの露光が終了したか否かを判断する。ここでは、 $m = 1$ であるから、この判断は否定され、ステップ 3 2 5 に進んで、カウンタのカウント値 m をインクリメント ($m \leftarrow m + 1$) した後、ステップ 3 0 2 に戻る。

ステップ 3 0 2 において、不図示のウエハローダを用いて図 2 のウエハホルダ 2 5 上の露光処理済みのロット先頭のウエハとロット内の第 2 枚目のウエハ W とを交換する。

次のステップ 3 0 4 では、前述と同様にして、ウエハホルダ 2 5 上にロードされたウエハ W（この場合、ロット内の第 2 枚目のウエハ）のサーチアライメントを行う。

次のステップ 3 0 6 では、前述したカウンタのカウント値 m が、所定の値 $n = 2$ 以上か否かを判断することにより、ウエハホルダ 2 5（ウエハステージ W S T）上のウエハ W が、ロット内の第 $n = 2$ 枚目以降のウエハであるか否かを判断する。この場合、ウエハ W はロット内の第 2 枚目のウエハであるから、 $m = 2$ となっているので、ステップ 3 0 6 の判断は肯定され、ステップ 3 2 0 に移行する。

ステップ 3 2 0 では、通常の 8 点 E G A により、ウエハ W 上の全ショット領域位置座標を算出する。より具体的には、前述と同様にアライメント系 A S を用いて、ウエハ W 上の予め選択された 8 つのショット領域（サンプルショット領域、すなわちアライメントショット領域）に付設されたウエハマークを計測し、それらのサンプルショットのステージ座標系上における位置座標を求める

。そして、その求めたサンプルショットの位置座標とそれぞれの設計上の位置座標とに基づいて前述した最小自乗法を用いた統計演算（前述した式（２）のEGA演算）を行い、前述した式（１）の６つのパラメータを算出するとともに、この算出結果とショット領域の設計上の位置座標とに基づいて、全ショット領域の位置座標（配列座標）を算出する。そして、その算出結果を内部メモリの所定領域に記憶した後、ステップ３２２に進む。

ステップ３２２では、前述と同様にして、ステップ・アンド・スキャン方式により、ロット内の第２枚目のウエハWに対する露光処理が行われる。この際、各ショット領域の露光の際の走査開始位置（加速開始位置）へのウエハWのステッピングに際しては、内部メモリ内の所定領域に記憶された全ショット領域の配列座標と、それぞれのショット領域について先にステップ３１８で算出された位置ずれ量の非線形成分の補正值とに基づいて、各ショット領域について位置ずれ量（線形成分及び非線形成分）が補正された重ね合わせ補正位置が算出される。

上記のようにして、ロット内の第２枚目のウエハWの露光が終了すると、ステップ３２４に進み、ロット内の全てのウエハの露光が終了したか否かを判断するが、ここにおける判断は否定され、ステップ３０２に戻って、以降、ロット内の全てのウエハの露光が終了するまで、上記ステップ３０２～ステップ３２４の処理、判断が繰り返し行われる。

そして、ロット内の全てのウエハの露光が終了し、ステップ３２４の判断が肯定されると、図５のサブルーチンの処理を終了し図４に戻り、一連の露光処理を終了する。

この一方、上記ステップ２６６における判断が否定された場合には、第２のグリッド補正機能を用いて重ね合わせ誤差を補正して、露光を行うサブルーチン２７０に移行する。

このサブルーチン２７０では、露光装置１００_１により、露光対象のロット

のウエハWに対して次のようにして露光処理が行われる。

図9には、サブルーチン270において、同一ロット内の複数枚（例えば25枚）のウエハWに対して第2層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を行う場合の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムが示されている。以下、サブルーチン270において行われる処理について、図9のフローチャートに沿ってかつ適宜他の図面を参照しつつ説明する。

前提として、ロット内の全てのウエハは同一条件、同一工程で各種処理が施されているものとする。

まず、サブルーチン331において、前述したサブルーチン301と同様の手順で、所定の準備作業を行った後、ステップ332に進む。このステップ332では、上記ステップ262においてホストコンピュータ150から露光指示とともに与えられた露光条件の設定指示情報に基づいて、上記の所定の準備作業中に選択したプロセスプログラムファイル内に含まれるショットマップデータ及びアライメントショット領域の選択情報などのショットデータに対応する補正マップをRAM内のデータベースから選択的に読み出して内部メモリに一時的に記憶する。

次のステップ334では、不図示のウエハローダを用いて図1のウエハホルダ25上の露光処理済みのウエハ（便宜上「W'」と呼ぶ）と未露光のウエハWとを交換する。但し、ウエハホルダ25上にウエハW'のない場合は、未露光のウエハWをウエハホルダ25上に単にロードする。

次のステップ336では、そのウエハホルダ25上にロードされたウエハWのサーチアライメントを前述と同様の手順で行う。

次のステップ338では、ショットマップデータ及びアライメントショット領域の選択情報などのショットデータに従って、EGA方式のウエハアライメントを前述と同様にして行い、ウエハW上の全ショット領域の位置座標を算出し、内部メモリの所定領域に記憶する。

次のステップ 3 4 0 では、前述した内部メモリ内の所定領域に記憶された全ショット領域の配列座標と、内部メモリ内に一時的に格納された補正マップ内のそれぞれのショット領域についての位置ずれ量の非線形成分の補正值（補正情報）とに基づいて、各ショット領域について位置ずれ量（線形成分及び非線形成分）が補正された重ね合わせ補正位置を算出するとともに、その重ね合わせ補正位置のデータと、予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハ W 上の各ショット領域に対する露光のための走査開始位置（加速開始位置）にウエハステージ W S T（ウエハ W）を順次ステッピングさせる動作と、レチクルステージ R S T とウエハステージ W S T とを走査方向に同期移動させつつレチクルパターンをウエハ上に転写する動作とを、繰り返して、ステップ・アンド・スキャン方式による露光動作を行う。これにより、ロット先頭（ロット内の第 1 枚目）のウエハ W に対する露光処理が終了する。

次のステップ 3 4 2 では、予定枚数のウエハに対する露光が終了したか否かを判断し、この判断が否定された場合には、ステップ 3 3 4 に戻り、以後上記処理、判断を繰り返す行う。

このようにして、予定枚数のウエハ W に対して露光が終了すると、ステップ 3 4 2 における判断が肯定され、図 9 のサブルーチンの処理を終了し図 4 に戻り、一連の露光処理を終了する。

一方、前述したステップ 2 5 6 における判断が否定された場合、すなわちショット間誤差はあるが線形成分（ウエハ倍率誤差、ウエハ直交度誤差、ウエハ回転誤差等）のみが含まれる場合には、ステップ 2 5 8 に移行する。このステップ 2 5 8 では、ホストコンピュータ 1 5 0 は、前述した露光装置 1 0 0_j（この露光装置 1 0 0_j は予め定められているものとする）の主制御系に E G A ウエハアライメント及び露光を指示する。

次いで、サブルーチン 2 6 0 において、露光装置 1 0 0_j により、前述と同様にして所定の準備作業が行われた後、その露光対象のロットのウエハに対し

てEGAウエハライメント、及び露光が所定の手順で行われ、この際に、前述したように、ウエハW上に既に形成されたショット領域間の位置誤差（線形成分）に起因する重ね合わせ誤差が補正された高精度な露光が行われる。

この一方、前述したステップ244における判断が否定された場合、すなわちショット内誤差が支配的である場合には、ステップ246に進む。このステップ246では、ホストコンピュータ150は、ショット内誤差が非線形成分を含むか否か、具体的にはショット内誤差がショット倍率誤差、ショット直交度誤差、ショット回転誤差などの線形成分以外の誤差を含むか否かを判断する。そして、この判断が否定された場合には、ステップ248に進む。このステップ248では、ホストコンピュータ150は、そのロットのウエハの露光に用いられる露光装置100_j（この露光装置100_jは予め定められているものとする）で次に用いられるプロセスプログラムファイルと呼ばれる露光条件設定ファイル内の線形オフセット（ショット倍率、ショット直交度、ショット回転などのオフセット）を、ステップ242における解析結果に基づいて再設定する。

その後、サブルーチン250に進む。このサブルーチン250では、露光装置100_jにより、通常のスキャンング・ステッパと同様の手順で、上記の線形オフセットが再設定された後のプロセスプログラムに従って露光処理が行われる。なお、このサブルーチン250の処理は、通常と異なるところがないので詳細説明は省略する。その後、本ルーチンの一連の処理が終了する。

一方、上記ステップ246における判断が肯定された場合には、ステップ252に移行する。このステップ252では、ホストコンピュータ150は、そのロットのウエハの露光に最適な像歪補正能力を有する露光装置（100_kとする）を露光装置100₁～100_Nの中から選択し、その露光装置100_kに露光を指示する。この場合の最適な露光装置の選択は、例えば特開2000-36451号公報などに詳細に開示される方法と同様の方法を用いることがで

きる。

すなわち、ホストコンピュータ150は、まず、重ね合わせ露光の対象となるウエハのロットの識別子（例えば、ロット番号）と、重ね合わせ露光にあたって重ね合わせ精度を確保すべき1層以上の露光済み層（以下、「基準層」と呼ぶ）とを指定して、ターミナルサーバ140及びLAN160を介して集中情報サーバ130に対して重ね合わせ誤差データ及び結像特性の調整（補正）パラメータに関する問い合わせを行う。これにより、集中情報サーバ130では、受信したロットの識別子及び基準層に応じて、大容量記憶装置に記憶されている露光履歴情報の中からそのロットのウエハについての基準層と次層との間の露光時における重ね合わせ誤差データ、及びそのロットのウエハについての各層の露光時における各露光装置100_iの結像特性の調整（補正）パラメータを読み出し、ホストコンピュータ150に送る。

次いで、ホストコンピュータ150は、上記の種々の情報に基づいて、結像特性の調整能力範囲内におけるそのロットのウエハの基準層と次層との重ね合わせ誤差が最小となる結像特性の調整パラメータ値とその調整パラメータを適用した際に残留する重ね合わせ誤差（補正残留誤差）とを、露光装置100_i毎に算出する。

次いで、ホストコンピュータ150は、各補正残留誤差と所定の許容誤差とを比較し、補正残留誤差が許容誤差以下である露光装置を、重ね合わせ露光を行う露光装置の候補として決定する。そして、ホストコンピュータ150は、決定した候補の露光装置について現在の稼動状況及び将来の稼動予定を参照し、最も効率良くリソグラフィ工程を進行させる観点から、重ね合わせ露光を行う露光装置を選択する。

その後、サブルーチン254に進む。このサブルーチン254では、その選択された露光装置により、通常のスキャニング・ステッパと同様の手順で、重ね合わせ誤差の補正残留誤差が極力小さくなるように、投影光学系の結像特性

が調整された状態で露光処理が行われる。なお、このサブルーチン254の処理は、通常の結像特性補正機構を備えたスキャニング・ステッパによるものと異なるところがないので詳細説明は省略する。その後、本ルーチンの一連の処理が終了する。なお、上記の補正残留誤差が極力小さくなるような結像特性の補正指令は、ホストコンピュータ150から選択された露光装置の主制御系に送信しても良いし、像歪み演算装置を別に設けて、選択された露光装置の主制御系が重ね合わせ露光の対象となるウエハWのロットの識別子及び自装置の識別子を指定して当該ロットのウエハWを露光するにあたっての投影像の歪みの調整パラメータ値を像歪み演算装置に問い合わせるようにしても良い。

以上説明したように、本実施形態によると、基準ウエハ上の複数のショット領域それぞれに対応して設けられた複数の基準マークの検出結果に基づいて、露光に用いられるウエハ（プロセスウエハ）上の複数のショット領域各々の個別の基準位置（設計値）に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップを、露光装置100₁で使用される可能性があるアライメントショット領域の選択条件毎に予め作成する。

この補正マップの作成に際しては、基準ウエハ上の複数のショット領域の各々について、各ショット領域に対応して設けられる基準マークを検出して得られる各ショット領域の位置情報、すなわち個別の基準位置（設計値）に対する位置ずれ量をそれぞれ求める（ステップ206）。次いで、アライメントショット領域の選択に関する条件毎に、基準ウエハ上の条件に対応する複数のアライメントショット領域に対応する基準マークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算（EGA演算）により、基準ウエハ上の各ショット領域の位置情報（位置ずれ量の線形成分が補正された位置情報）を算出し、該位置情報と各ショット領域の個別の基準位置の情報、及び各ショット領域の前記位置ずれ量とに基づいて、各ショット領域の個別の基準位置（設計値）に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップを作成する（

ステップ210～ステップ214)。

また、本実施形態では、露光装置100₁で使用される可能性があるショットマップデータに対応する基準ウエハを予め作製し、基準ウエハのそれぞれを用いて、同様の手順により、露光に用いられるウエハ（プロセスウエハ）上の複数のショット領域各々の個別の基準位置（設計値）に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップを、露光装置100₁で使用される可能性があるアライメントショット領域の選択条件毎に予め作成する。これらの補正マップは、主制御系20内のRAMに記憶される。

このように複数の補正マップを作成するが、これらの補正マップの作成は、露光とは無関係に予め行うので、露光の際のスループットに影響を与えない。

そして、ホストコンピュータ150により、パイロットウエハ等の重ね合わせ誤差の計測結果に基づいてショット間誤差が支配的であると判断され（ステップ242、ステップ244）、かつEGA方式のウエハアライメントのみで重ね合わせ誤差の補正が困難であると判断された場合に、露光装置100₁に露光条件を指定して露光が指示される（ステップ256、ステップ262）。これにより、露光装置100₁の主制御系20がロット間の重ね合わせ誤差の大きさを判断し（ステップ264、ステップ266）、ロット間の重ね合わせ誤差が小さい場合に、サブルーチン270に移行する。このサブルーチン270では、主制御系20が露光条件の1つとして指定されたショットマップデータ及びアライメントショット領域に対応する補正マップを選択する（ステップ332）。また、主制御系20は、ウエハ上の複数のアライメントショット領域（露光条件の1つとして指定された特定の少なくとも3つのショット領域）それぞれに対応して設けられた複数のウエハマークを検出して得られる各アライメントショット領域の実測位置情報に基づいて統計演算（EGA演算）により各ショット領域のレチクルパターンの投影位置との位置合わせに用いられる位置情報を求め、該位置情報と選択された補正マップとに基づいて、ウエハ上

の各ショット領域を露光のための加速開始位置（露光基準位置）に移動した後、当該各ショット領域を走査露光する（ステップ338、340）。

すなわち、本実施形態によると、上記の統計演算により得られる各ショット領域の個別の基準位置（設計値）からの位置ずれ量の線形成分を補正した各ショット領域のレチクルパターンの投影位置との位置合わせに用いられる位置情報を、選択した補正マップに含まれる対応する補正情報で補正した位置情報に基づいてウエハ上の各ショット領域が、露光のための加速開始位置に移動された後、当該各ショット領域の露光が行われる。従って、ウエハ上の各ショット領域は、位置ずれ量の線形成分のみならず非線形成分をも補正した位置に正確に移動された後露光が行われるので、重ね合わせ誤差の殆どない高精度な露光が可能となる。

また、主制御系20がロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断した場合には、サブルーチン268に移行する。このサブルーチン268では、主制御系20が、ロット内の第2枚目以降のウエハWの露光に際しては、通常の8点EGAでの計測結果に基づいてウエハ上のショット領域の配列ずれの線形成分を補正するとともに、ショット領域の配列ずれの非線形成分については、ロット先頭のウエハと第2枚目以降のウエハとが同じ非線形成分を持っているものとみなして、非線形成分の補正值についてはロット先頭で求めた値をそのまま使用する（ステップ320、ステップ322）。このため、ロット内の全てのウエハに対して全点EGAを行う場合に比べて、計測点数の削減により、スループットを向上することができる。

また、サブルーチン268の処理において、前述したような評価関数の導入によって、経験則に頼ることなく、明確な根拠に基づいて、ウエハWの非線形歪みを評価することができる。そして、その評価結果に基づいてウエハW上の各ショット領域の位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分を算出することができ、この算出結果とEGAにより求めたショット領域の配列ずれの線形成分とに

基づいて、各ショット領域の配列ずれ（線形成分のみならず非線形成分をも）、ひいては重ね合せ補正位置を正確に求めることができる（ステップ308～ステップ322）。従って、上記各ショット領域の重ね合せ補正位置に基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための加速開始位置（走査開始位置）にウエハWを順次ステップングさせつつ、レチクルパターンをウエハW上の各ショット領域に転写することにより、ウエハW上の各ショット領域にレチクルパターンを非常に高精度に重ね合わせることができる。

この一方、ホストコンピュータ150が、パイロットウエハ等の重ね合わせ誤差の計測結果に基づいてショット間誤差が支配的でないと判断した場合には（ステップ242、ステップ244）、ショット内誤差が非線形成分を含むか否かに応じて投影像の歪の補正残留誤差が最小となる最適な露光装置の選択、あるいはプロセスプログラムの線形オフセットの再設定を行う。そして、線形オフセットが再設定されたプロセスプログラムに従った露光、あるいは選択された露光装置による露光が通常と同様の手順で行われる。

従って、本実施形態によると、スループットを極力低下させることなくかつ重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことが可能となる。これまでの説明からもわかるように、本実施形態に係るリソグラフィシステム110及びその露光方法によると、例えば同一のデバイス製造ラインで基準となる露光装置を用いて、ファーストレイヤ（第1層）のパターンの転写が行われたウエハ上の各ショット領域に他の露光装置を用いてレチクルパターンを精度良く重ね合わせることが可能となる。すなわち、本実施形態によると、露光装置相互間のステージのグリッド誤差などに起因する重ね合わせ誤差を非常に小さくすることが可能となる。特に、サブルーチン268の処理による場合には、ロット毎に変動するショット間誤差を精度良く補正することができ、また、サブルーチン270の処理による場合には、ショットマップの変更やアライメントショットの変更毎に変動するショット間誤差を精度良く補正することができる。

なお、上記実施形態では、補正マップを作成するために、マークが検出される特定基板が基準ウエハであり、補正マップの作成の前提となる基板に関連する条件が、ショットマップデータの指定及びアライメントショット領域の選択に関する条件である場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではない。すなわち、ショットマップデータの指定に関する条件毎に、補正マップを作成するのみであっても良いし、アライメントショット領域の選択に関する条件毎に補正マップを作成するのみであっても良い。

また、特定基板として、実際に露光に用いられるプロセスウエハを用いても良い。かかる場合には、少なくとも2種類の条件として、基板が経由した少なくとも2種類のプロセスに関する条件を含むことができる。この場合、露光に用いられる全てのプロセスウエハについて、上記実施形態におけるステップ202～220と同様にして、補正マップをそれぞれ作成し、露光に先立って、ステップ332の処理に代えてその露光に用いられるウエハに対応する補正マップを選択する処理を行うことにより、上記実施形態と同等の効果を得ることができる。すなわち、かかる場合にも、スループットを極力低下させることなく重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことが可能となる。この場合には、プロセス処理に起因する誤差の補正が可能となる。

なお、上記実施形態では、サブルーチン268において、ロット内の第2枚目以降については、8点EGAを行うものとしたが、EGAの計測点数（アライメントマーク数（通常はサンプルショット数に対応）は、統計演算で求める未知パラメータ（上記実施形態では6つ）の数より多ければ、いくつでも良いことは勿論である。

なお、上記実施形態において、ウエハ上の露光対象のショット領域に、ウエハ周辺のショット領域（いわゆるエッジショット領域）であって欠けショット領域があり、かつその欠けショット領域には必要なマークが存在しないため、前述した補正マップ中にその欠けショット領域の補正情報が含まれない場合が

生じる可能性がある。

このような場合には、統計処理により、その欠けショット領域における非線形歪みを推定することが望ましい。ここで、この欠けショット領域の非線形歪みの推定方法の一例について説明する。

図10には、ウエハWの周辺部の一部が示されている。このウエハWに関し、前述の手順で求められた補正マップ中の非線形歪成分（ dx_i , dy_i ）が図中に示されている。この図10の場合、基準ウエハのショット領域 S_5 に対応するショット領域には、基準マークが存在しないため、その補正情報（非線形歪成分）は補正マップの作成時には得られていないものとする。かかる前提の下、露光の際に指定されたショットマップデータには、ショット領域 S_5 が含まれていた場合について考える。

このような場合に、主制御系20では、指定されたアライメントショット領域の情報を基に、EGA方式のウエハアライメントを行い、ショット領域 S_5 を含むウエハW上の全てのショット領域の中心点の座標値（ x_i , y_i ）を求める。次いで、主制御系20では、ショット領域 S_5 の補正情報（ Δx , Δy ）を、例えば、次式（13）、（14）を用いて算出する。

$$\Delta x = \frac{\sum dx_i \times W(r_i)}{n} \quad \dots (13)$$

$$\Delta y = \frac{\sum dy_i \times W(r_i)}{n} \quad \dots (14)$$

上記式（13）、（14）において、 r_i は、着目するショット領域（ S_5 ）から隣接するショット領域（ S_1 , S_2 , S_3 , S_4 ）に対する距離であり、 $W(r_i)$ は、図11のようなガウス分布で仮定される重みである。この場合、標準偏差 σ は、隣接するショット領域間の距離（ステップピッチ）程度である。

このようにして、算出したショット領域 S_5 のような欠けショット領域の補正情報（ Δx , Δy ）と、上記のウエハアライメントで得られたその欠けショット領域の位置情報とに基づいて、ウエハ上のその欠けショット領域を露光のための加速開始位置（露光基準位置）に移動して、走査露光を行うことにより

、欠けショット領域に対しても重ね合わせ精度良くレチクルパターンを転写することが可能となる。

また、例えば、図7中に仮想線で示されるウエハW上の欠けショット領域 $S_{A_1'}$ ～ $S_{A_4'}$ を考え、これらの欠けショット領域をも露光する場合を考える。この場合、欠けショットの何れにもEGAの計測点を設定しない場合であっても、前述したサブルーチン268の処理によると、補完関数を用いることによりこれらの欠けショット $S_{A_1'}$ ～ $S_{A_4'}$ についても位置ずれ量の線形成分は勿論非線形成分についても補正が可能である。

なお、上記実施形態では図4のフローチャートに従ってホストコンピュータ150が、重ね合わせ誤差情報の解析、ショット間誤差が支配的か否かの判断、プロセスプログラムの線形オフセットの再設定、最適な露光装置の選択、ショット間誤差が支配的である場合のショット間誤差が非線形成分を含むか否かの判断などを、自動的に行う場合について説明したが、これらの処理は、オペレータが行うようにすることも勿論可能である。

また、上記実施形態では、露光装置100₁の主制御系20(CPU)が、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいかな否かの判断を行い、その判断結果に基づいてサブルーチン268、270のいずれに移行するかを決定することとしたが、本発明がこれに限定されるものではない。すなわち、露光装置100₁に、サブルーチン268、270の処理を選択可能なモードをそれぞれ用意し、上記のロット間の重ね合わせ誤差が大きいかな否かの判断を重ね合わせ測定器の測定結果に基づいてオペレータが行い、この判断結果に基づいて、対応するモードを選択することとしても良い。

なお、上記実施形態のサブルーチン268では、ロット先頭のウエハの露光に際して、全ショット領域のウエハマークの計測結果を用いてEGA演算により算出したショット配列座標と補完関数に基づいて算出した配列座標の非線形成分とに基づいて、各ショット領域を走査開始位置へ位置決めするものとした

が、これに限らず、ステップ308で計測した各ショット領域の位置ずれ量の実測値に基づいて、EGA演算を行うことなく、各ショット領域を走査開始位置へ位置決めすることとしても良い。

また、上記実施形態において、 n が3以上の整数に設定されている場合には、ロット内の最初の $(n-1)$ 枚（複数枚）のウエハについては、ステップ308からステップ318までの処理が、繰り返し行われることとなるが、この際、ステップ318では、第2枚目から $n-1$ 枚目までのウエハについては、全ショット領域の配列ずれの非線形成分（補正值）を、例えばそれまでの各回の演算結果の平均値に基づいて求めることとすれば良い。勿論、第 n 枚目（ $n \geq 3$ ）以降のウエハでも、第 $(n-1)$ 枚目までの少なくとも2枚のウエハでそれぞれ算出される非線形成分（補正值）の平均値を用いるようにしても良い。

なお、前述した評価関数は、一例であって、これに限らず、例えば、式（8）の評価関数に代えて、次の式（15）で示されるような評価関数 $W_2(s)$ を用いても良い。

$$W_2(s) = \frac{\sum_{k=1}^N \left(\frac{\sum_{i \in S} \frac{\vec{r}_i \cdot \vec{r}_k}{|\vec{r}_k|^2}}{\sum_{i \in S} 1} \right)}{N} \quad \dots (15)$$

この式（15）の評価関数によると、着目するショット領域の位置ずれベクトル r_k （第1ベクトル）と、その周囲（半径 s の円内）の各ショット領域における位置ずれベクトル r_i （第2ベクトル）との間の方向及び大きさについての相関をも求めることができる。通常、この式（15）の評価関数 $W_2(s)$ によると、上記実施形態に比べて、より正確にウエハの非線形歪みの規則性やその程度を評価することができる。但し、この式（15）の評価関数では、大きさをも考慮しているが故に、ウエハ W 上の各ショット領域の位置ずれ量の発生状況によっては、却って評価の精度が低下することが、非常に稀ではあ

るが、起こり得る。

そのような場合を考慮して、式(8)の評価関数 $W_1(s)$ と式(15)の評価関数 $W_2(s)$ とを同時に用い、これらの評価関数が共に高い相関を示す(ともに1に近い)範囲の半径 s を求めることにより、ウエハの非線形歪みを評価することとしても良い。また、この場合、このようにして求めた s を用いて、前述した補完関数を決定すれば良い。

なお、上記第1の実施形態におけるステップ314の処理を省略しても良い。すなわち、ステップ312において分離された位置ずれ量の非線形成分をそのまま、ステップ322において、各ショット領域の位置ずれ量の非線形成分(補正值)として用いても良い。

さらに、図5のステップ312では、ステップ308で計測した位置座標と設計上の位置座標とステップ310で算出した位置座標(計算値)とを用いて各ショット領域の位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離したが、線形成分と非線形成分とを分離することなく、非線形成分のみを求めても良い。この場合には、ステップ308で計測した位置座標とステップ310で算出した位置座標との差を非線形成分とすれば良い。また、図5のステップ304及び図9のステップ336のサーチアライメントはウエハWの回転誤差が許容範囲内であるときなどを行わなくても良い。さらに、図4のステップ262では露光装置の選択を行うものとしたが、使用する露光装置がグリッド補正機能を有しているときは、ステップ262を省略しても良く、ステップ266の判断結果に応じてグリッド補正機能を選択するだけでも良い。

また、上記実施形態では、グリッド補正機能を有する露光装置100₁が、前述した第1のグリッド補正機能及び第2のグリッド補正機能の両者を有する場合について説明したが、これに限らず、露光装置は、第1のグリッド補正機能及び第2のグリッド補正機能の一方のみを有していても良い。すなわち、図4のステップ268、270などのサブルーチンをそれぞれ単独で実施しても

良い。

また、上記実施形態では、図4のアルゴリズムのうち、一部のステップをホストコンピュータ150が実行し、残りのステップを露光装置100₁を含む露光装置100_iが実行し、特にステップ264、266、268、270を露光装置100₁が実行する場合について説明した。しかし、これに限らず、図4のアルゴリズムの全て、あるいは上記実施形態でホストコンピュータ150が実行したステップの一部を、例えば露光装置100₁と同様のグリッド補正機能を有する露光装置が行うような構成を採用することも可能である。

また、上記第1の実施形態では、 $n \geq 3$ としたとき、 $1 \sim (n-1)$ 枚目までの複数のウエハ（基板）の少なくとも1枚で全てのショット領域の座標値を検出するだけでも良いし、その少なくとも1枚のウエハが第1枚目のウエハを含まなくても良い。さらに、上記第1の実施形態では $(n-1)$ 枚目のウエハで座標値（マーク）が検出されるショット領域は全ショット領域でなくても良い。特に、ウエハの全面で非線形歪みの傾向がほぼ揃っていると、ある程度予想されるときは、例えば1つおきのショット領域について座標値を検出するだけで良い。また、EGA方式では、アライメントショット領域（全ショット領域又はその内の特定の複数のショット領域がサンプルショットとして選択されている場合は、その選択された特定のショット領域）のアライメントマークの座標値を用いるものとしたが、例えばアライメントショット領域毎にその設計上の座標値に従ってウエハWを移動してレチクルR上のマーク、又はアライメント系ASの指標マークとの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量を用いて統計演算によってショット領域毎に設計上の座標値からの位置ずれ量を算出しても良いし、あるいはショット領域間のステップピッチの補正量を算出しても良い。これは、重み付けEGA方式や後述するショット内多点EGA方式でも同様である。

すなわち、EGA（重み付けEGA、ショット内多点EGA、ブロック化E

GA等を含む)方式では、アライメントショット領域の座標値に限らず、アライメントショット領域に関する位置情報であって統計処理に適切な情報であれば、如何なる情報を用いて統計演算を行っても良いし、各ショット領域の座標値に限らず、各ショット領域の位置に関する情報であれば、いかなる情報を算出しても良い。

《第2の実施形態》

次に、本発明の第2の実施形態を図12～図15に基づいて説明する。

本第2の実施形態では、リソグラフィシステムの構成等は、第1の実施形態と同様になっており、ショット領域サイズより小さい間隔で、基準マークが形成された基準ウエハを用いて第1補正マップが作成される点、及び図4のサブルーチン270における処理が前述した第1の実施形態と相違するのみである。以下、これらの相違点を中心として、説明する。

まず、予め行われる第1補正マップの作成の際の動作の流れについて、露光装置100₁の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムを簡略化して示す図12のフローチャートに基づいて説明する。

前提として、前述した第1の実施形態の場合と同様にして、プロセスウエハ上のショット領域間隔より小さい所定ピッチ、例えば1mmピッチで矩形領域及び各矩形領域に対応して基準マークが設けられた基準ウエハ(以下、便宜上「基準ウエハW_F1」と呼ぶ)が作製されているものとする。なお、以下の説明においては、基準マークに対応する各矩形領域をマーク領域と呼ぶものとする。

なお、この基準ウエハの作製に際して用いられる露光装置は、前述と同じ基準となる露光装置(例えば、同一のデバイス製造ラインで用いられる最も信頼性の高いスキャニング・ステッパ)の他、信頼性の高い装置であれば、ステッパなどの静止型の露光装置であっても良い。

まず、ステップ402において、不図示のウエハロードを用いて基準ウエハ

W_F1 をウエハホルダ上にロードする。

次のステップ 404 では、そのウエハホルダ上にロードされた基準ウエハ W_F1 のサーチアライメントを、前述したステップ 204 と同様に行う。

次のステップ 406 では、基準ウエハ W_F1 上の全てのマーク領域（ここでは、一例としてほぼ 1 mm 角の領域）のステージ座標系上における位置座標を、前述したステップ 206 と同様にして計測する。

次のステップ 408 では、上記ステップ 406 で計測した全てのマーク領域の位置座標と、それぞれの設計上の位置座標とに基づいて前述した式 (2) の EGA 演算を行い、前述した式 (1) の 6 つのパラメータ $a \sim f$ （基準ウエハ上の各マーク領域の配列に関するローテーション θ 、X、Y 方向のスケーリング S_x 、 S_y 、直交度 O_{rt} 、X、Y 方向のオフセット O_x 、 O_y の 6 つのパラメータに対応）を算出するとともに、この算出結果と各マーク領域の設計上の位置座標とに基づいて、全マーク領域の位置座標（配列座標）を算出し、その算出結果、すなわち基準ウエハ上の全マーク領域の位置座標を内部メモリの所定領域に記憶する。

次のステップ 410 では、基準ウエハ上の全てのマーク領域について、位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離する。具体的には、上記ステップ 408 で算出した各マーク領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差を位置ずれ量の線形成分として算出するとともに、前述したステップ 406 で実際に計測した全てのマーク領域の位置座標とそれぞれの設計上の位置座標との差であるマーク領域の位置ずれ量から前記線形成分を差し引いた残差を位置ずれ量の非線形成分として算出する。

次のステップ 412 では、上記ステップ 410 で算出した各マーク領域の位置ずれ量を含むとともに、各マーク領域の位置ずれ量の非線形成分を基準ウエハ W_F1 上の各マーク領域の配列ずれを補正する補正情報として含む第 1 の補正マップを作成し、RAM 等のメモリあるいは記憶装置に格納した後、本ルー

チンの一連の処理を終了する。

その後、基準ウエハはウエハホルダ上からアンロードされる。

次に、本第2の実施形態におけるサブルーチン270の処理について説明する。

図13には、サブルーチン270において、同一ロット内の複数枚（例えば25枚）のウエハWに対して第2層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を行う場合の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムが示されている。以下、サブルーチン270において行われる処理について、図13のフローチャートに沿ってかつ適宜他の図面を参照しつつ説明する。

前提として、ロット内の全てのウエハは同一条件、同一工程で各種処理が施されているものとする。

まず、サブルーチン431において、前述したサブルーチン201と同様の手順で、所定の準備作業を行った後、ステップ432に進む。ステップ432では、前述したステップ262においてホストコンピュータ150から露光指示とともに与えられた露光条件の設定指示情報に基づいて、上記の所定の準備作業中に選択したプロセスプログラムファイル内に含まれるショットマップデータと、RAM内に記憶されている第1の補正マップとに基づいて、第2の補正マップ（ショットマップデータで規定される各ショット領域の位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップ）を作成して、RAM内に記憶する。すなわち、このステップ432では、第1補正マップ内の各マーク領域の位置ずれ量と、所定の評価関数とに基づいて、基準ウエハ W_F1 の非線形歪みを評価し、この評価結果に基づいて補完関数（位置ずれ量（配列ずれ）の非線形成分を表現する関数）を決定する。そして、この決定した補完関数と、前記各ショット領域の中心点に対応するマーク領域（この場合、中心点を含むマーク領域）の補正情報とを用いて、補完演算を行って、各ショット領域の位置ずれ量の非線形成分を補正する補正情報から成る第2補正マップを

作成する。

ここで、このステップ 4 3 2 における処理を詳述する。図 1 4 には、基準ウエハ $W_F 1$ の平面図が示され、図 1 5 には、図 1 4 の円 F 内の拡大図が示されている。基準ウエハ $W_F 1$ 上には、所定ピッチ、例えば 1 mm ピッチで複数の矩形のマーク領域 $S B_u$ (総数 N) がマトリクス状配置で形成されている。図 1 4 において、ショットマップデータで指定された 1 つのショット領域に対応する領域が矩形領域 S_j として示され、この領域が図 1 5 では太枠で示されている。図 1 5 において、各マーク領域内に矢印で示されるベクトル r_k ($k = 1, 2, \dots, i, \dots, N$) は、各マーク領域の位置ずれ量 (配列ずれ) を示すベクトルである。 k はそれぞれのマーク領域の番号を示す。また、符号 s は、図 1 5 に示される着目するマーク領域 $S B_k$ の中心を中心とする円の半径を示し、 i は、着目する k 番目のマーク領域から半径 s の円内に存在するマーク領域の番号を示す。

上述の説明から明らかなように、ステップ 4 3 2 における処理において、評価関数として前述した評価関数 $W_1(s)$ を用いることができ、また、補完関数としては、前述した補完関数 $\delta_x(x, y)$ 、 $\delta_y(x, y)$ を用いることができる。上記の評価関数 $W_1(s)$ によると、 s の値に応じて $W_1(s)$ の値が変化するので、前述の如く経験則に頼ることなく、基準ウエハ (又はウエハ) の非線形歪みの規則性や程度を評価することができ、この評価結果を用いることにより、前述した手順で、位置ずれ量 (配列ずれ) の非線形成分を表現する最適な P 、 Q を決定することができ、これにより式 (1 0)、(1 1) の補完関数を決定することができる。

そこで、上述のようにして決定した式 (1 0)、(1 1) の補完関数に、第 1 の補正マップ内に補正情報として記憶されている、座標 (x, y) のマーク領域の位置ずれ量 (配列ずれ) の非線形成分の X 成分 $\Delta_x(x, y)$ 、 Y 成分 $\Delta_y(x, y)$ を、それぞれ代入して、フーリエ級数係数 A_{pq} 、 B_{pq} 、 C_{pq} 、 D_{pq}

及び A_{pq}' 、 B_{pq}' 、 C_{pq}' 、 D_{pq}' を定め、これにより、補完関数を具体的に決定する。そして、このフーリエ級数係数 A_{pq} 、 B_{pq} 、 C_{pq} 、 D_{pq} 及び A_{pq}' 、 B_{pq}' 、 C_{pq}' 、 D_{pq}' をも決定した補完関数に、ウエハ上の各ショット領域の中心点の座標を代入することにより、ウエハ上の全ショット領域の配列ずれの非線形成分の X 成分（補完値、すなわち補正值）及び Y 成分（補完値、すなわち補正值）を算出した後、この算出結果に基づいて第 2 の補正マップを作成し、その第 2 補正マップを内部メモリの所定領域に一時的に記憶する。また、このとき、補正マップ以外のデータ、すなわちフーリエ級数係数が決定された補完関数などのデータを、RAM 内に記憶する。

なお、上記のウエハ W 上の部分領域について非線形歪みの規則性や程度を評価するに際して、第 1、第 2 ベクトルとして各マーク領域における位置ずれベクトルが用いられるが、これに限らず、補正情報すなわち各マーク領域の位置ずれ量の非線形成分を示すベクトルを用いても良い。

図 1 3 に戻り、次のステップ 4 3 4 では、不図示のウエハローダを用いてウエハホルダ上の露光処理済みのウエハと未露光のウエハとを交換する。但し、ウエハホルダ上にウエハのない場合は、未露光のウエハをウエハホルダ上に単にロードする。

次のステップ 4 3 6 では、そのウエハホルダ上にロードされたウエハのサーチアライメントを前述と同様の手順で行う。

次のステップ 4 3 8 では、ショットマップデータ及びアライメントショット領域の選択情報などのショットデータに従って、EGA 方式のウエハアライメントを前述と同様にして行い、ウエハ上の全ショット領域の位置座標を算出し、内部メモリの所定領域に記憶する。

次のステップ 4 4 0 では、前述した内部メモリ内の所定領域に記憶された全ショット領域の配列座標と、内部メモリに一時的に格納された第 2 補正マップ内のそれぞれのショット領域についての位置ずれ量の非線形成分の補正值とに

に基づいて、各ショット領域について位置ずれ量（線形成分及び非線形線分）が補正された重ね合わせ補正位置を算出するとともに、その重ね合わせ補正位置のデータと、予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハ上の各ショット領域に対する露光のための走査開始位置（加速開始位置）にウエハステージ（ウエハ）を順次移動させる動作と、レチクルステージとウエハステージとを走査方向に同期移動させつつレチクルパターンをウエハ上に転写する動作とを、繰り返して、ステップ・アンド・スキャン方式による露光動作を行う。これにより、ロット先頭（ロット内の第1枚目）のウエハWに対する露光処理が終了する。

次のステップ442では、予定枚数のウエハに対する露光が終了したか否かを判断し、この判断が否定された場合には、ステップ434に戻り、以後上記処理、判断を繰り返し行う。

このようにして、予定枚数のウエハWに対して露光が終了すると、ステップ442における判断が肯定され、図13のサブルーチンの処理を終了し図4に戻り、一連の露光処理を終了する。

ところで、サブルーチン270におけるステップ432では、ホストコンピュータ150から露光指示とともに指示された露光条件に対応するプロセスプログラムに含まれるショットマップデータ（指定されたショットマップデータ）と第1の補正マップとに基づいて、第2の補正マップが作成される。従って、そのショットマップデータとして異なるショットマップデータが指定された場合、すなわちショットマップデータが変更された場合には、ステップ432において変更後のショットマップデータに基づいて、第2補正マップの書き換えが行われる。具体的には、主制御系20が、RAM内に格納されているフリーエ級数係数が決定された補完関数を読み出し、これに変更後のショットマップデータに従ってウエハ上の各ショット領域の中心点の座標を代入することにより、その変更後のショットマップデータに従うウエハ上の各ショット領域

の配列ずれの非線形成分のX成分（補完値、すなわち補正值）及びY成分（補完値、すなわち補正值）を算出した後、この算出結果に基づいて第2の補正マップを書き換え、その書き換え後の第2補正マップを内部メモリの所定領域に一時的に記憶する。その後、前述したステップ434～442と同様の処理・判断を繰り返し行う。

ショットマップデータが変更されない間は、前述と同様の処理が行われることは言うまでもない。

なお、図12のステップ410では、ステップ406で計測した位置座標と設計上の位置座標とステップ408で算出した位置座標（計算値）とを用いて各マーク領域の位置ずれ量の線形成分と非線形成分とを分離したが、線形成分と非線形成分とを分離することなく、非線形成分のみを求めても良い。この場合には、ステップ406で計測した位置座標とステップ408で算出した位置座標との差を非線形成分とすれば良い。また、図13のステップ436のサーチアライメントは、ウエハWの回転誤差が許容範囲内であるときなどは行わなくても良い。

以上説明したように、本第2の実施形態によると、基準ウエハ上の複数の基準マークを検出して各基準マークに対応するマーク領域の位置情報を計測し、この計測された位置情報を用いて統計演算（EGA演算）により各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の線形成分が補正された計算上の位置情報を算出する。次いで、計測された位置情報と計算上の位置情報とに基づいて、各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第1補正マップを作成する。この場合、第1補正マップの作成は、露光とは無関係に予め行うことができるので、露光の際のスループットに影響を与えない。

そして、露光に先立って、ショットマップデータが露光条件の1つとして指定されると、その指定されたショットマップデータに基づいて第1補正マップ

を、各ショット領域の個別の基準位置（設計値）からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第2補正マップに変換する。次いで、ウエハ上の複数のマーク（アライメントショット領域のウエハマーク）を検出して得られるショット領域のステージ座標系上における位置情報に基づいて統計演算（EGA演算）によりショット領域それぞれの所定点（レチクルパターンの投影位置）との位置合わせに用いられる位置情報を求め、その位置情報と第2補正マップとに基づいて、ウエハ上の各ショット領域を加速開始位置に移動した後、各ショット領域を露光する。すなわち、上記のショット領域のステージ座標系上における位置情報（実測位置情報）に基づいて行われる統計演算（EGA演算）により得られる各ショット領域の個別の基準位置（設計値）からの位置ずれ量の線形成分を補正した各ショット領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を、第2補正マップに含まれる対応する補正情報で補正した位置情報を目標位置として、ウエハ上の各ショット領域が加速開始位置に移動された後、当該各ショット領域の露光が行われる。従って、ウエハ上の各ショット領域は、位置ずれ量の線形成分のみならず非線形成分をも補正した位置に正確に移動された後露光が行われるので、重ね合わせ誤差の殆どない高精度な露光が可能となる。

従って、本第2の実施形態によると、第1の実施形態と同様に、スループットを極力低下させることなく重ね合わせ精度を良好に維持した露光を行うことが可能となる。また、本第2の実施形態によると、基準ウエハ上の基準マークの検出結果に基づいて得られた補正情報により、最終的にウエハ上の各ショット領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報が補正されるので、例えば同一のデバイス製造ラインで基準となる全ての露光装置を、基準ウエハを基準として重ね合わせ精度の向上を図ることができる。

また、本第2の実施形態では、露光に先立って、ショットマップデータが露光条件の1つとして指定されると、その指定されたショットマップデータに基

づいて第1補正マップを、各ショット領域の個別の基準位置（設計値）からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第2補正マップに変換するので、各露光装置におけるショットマップデータ（ウエハ上のショット領域の配列に関する情報の一種）の如何に関わらず、複数の露光装置間の重ね合わせ露光を高精度に行うことが可能となる。

また、本第2の実施形態では、第1補正マップから第2補正マップへの変換を、基準ウエハ上の部分領域について非線形歪みの規則性や程度を前述した評価関数を用いて評価した評価結果に基づいて最適化された単一の補完関数と、前記各マーク領域の補正情報とに基づいて、前記各区画領域の基準位置（中心位置）毎に、補完演算を行うことによって実現するものとした。このため、その変換に際して、ウエハ上の全ての点の非線形歪み（補正情報）を算出するための具体的な補完関数が決定される。このため、ショットマップデータの変更により各ショット領域が変更されても、変更後のショット領域毎にその座標を上記の具体的な補完関数に代入することによって、容易に変更後の各ショット領域の補正情報を求めることができる。従ってショットマップデータの変更への対処も容易となっている。

また、本第2の実施形態では、ウエハ上の露光対象のショット領域に、ウエハ周辺のショット領域（いわゆるエッジショット領域）であって欠けショット領域があり、かつその欠けショット領域には必要なマークが存在しないため、前述した第1補正マップ中にその欠けショット領域の補正情報が含まれない場合があっても特に支障なく、その欠けショット領域の補正情報を求めることができる。

すなわち、本第2の実施形態では、ショットマップデータにその欠けショット領域が含まれていれば、上記のマップの変換に際して、その欠けショット領域の基準位置（中心位置）の座標も上記の具体的な補完関数に代入されて、その欠けショット領域の補正情報が自動的に算出されるからである。

しかしながら、第1補正マップから第2補正マップへの変換の方法は、これに限らず、各ショット領域の基準位置（中心位置）毎に、隣接する複数のマーク領域についての補正情報に基づき、先に説明したガウス分布を仮定した重み付け平均演算により、各基準位置の補正情報を算出することにより行うこともできる。この場合において、その重み付け平均演算の対象となる隣接するマーク領域の範囲を、前述した評価関数を用いて計算しても良い。あるいは、各ショット領域の基準位置（中心位置）毎に、評価関数を用いて計算した範囲内の隣接するマーク領域の単純平均を用いても良い。同様に、上記第1の実施形態において、前述した欠けショット領域の補正情報を求める場合に、評価関数と重み付け平均、あるいは単純平均との組み合わせを用いても良い。

なお、上記各実施形態では、サブルーチン268におけるロット先頭のウエハの位置ずれ量の線形成分の補正データを、全ショット領域のアライメントショット領域としたEGA演算により求めるものとしたが、これに限らず、ロット内の2枚目以降のウエハと同様に指定されたアライメントショット領域のマークの検出結果を用いたEGA演算により求めることとしても良い。

また、上記各実施形態では、EGA方式のウエハアライメントを行うに際し、アライメントショット領域（全ショット領域又はその内の特定の複数のショット領域がアライメントショット領域として選択されている場合は、その選択された特定のショット領域）のアライメントマークの座標値を用いるものとしたが、例えばアライメントショット領域毎にその設計上の座標値に従ってウエハWを移動してレチクルR上のマーク、又はアライメント系ASの指標マークとの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量を用いて統計演算によってショット領域毎に設計上の座標値からの位置ずれ量を算出しても良いし、あるいはショット領域間のステップピッチの補正量を算出しても良い。

さらに、上記各実施形態では、EGA方式を前提に説明を行ったが、EGA方式の代わりに重み付けEGA方式を用いても良いし、あるいはショット内多

点E G A方式等を用いても良い。なお、ショット内多点E G A方式は、例えば特開平6－3 4 9 7 0 5号公報及びこれに対応する米国特許出願第5 6 9， 4 0 0号（出願日1 9 9 5年1 2月8日）などに開示されており、アライメントショット領域毎に複数のアライメントマークを検出してX、Y座標をそれぞれ複数個ずつ得るようにし、E G A方式で用いられるウエハの伸縮、回転等に対応するウエハパラメータの他に、ショット領域の回転誤差、直交度、及びスケールリングに対応するショットパラメータ（チップパラメータ）の少なくとも1つをパラメータとして含むモデル関数を用いて各ショット領域の位置情報、例えば座標値を算出するものである。上記米国特許出願における開示を援用して本明細書の記載の一部とする。

これを更に詳述すると、このショット内多点E G A方式は、基板上に配列された各ショット領域内の基準位置に対してそれぞれ設計上一定の相対位置関係で配置された複数のアライメントマーク（1次元マーク、2次元マークのいずれでも良い）がそれぞれ形成され、これら基板上に存在するアライメントマークの中から所定数のアライメントマークであって、X位置情報の数とY位置情報の数との和が上記モデル関数に含まれるウエハパラメータ及びショットパラメータの総数より多く、かつ少なくとも同一のアライメントショット領域について同一方向に複数の位置情報が得られる所定数のアライメントマークの位置情報を計測する。そして、これらの位置情報を、上記モデル関数に代入し、最小自乗法等を用いて統計処理することにより、そのモデル関数に含まれるパラメータを算出し、このパラメータと、各ショット領域内の基準位置の設計上の位置情報及び基準位置に対するアライメントマークの設計上の相対位置情報から、各ショット領域の位置情報を算出するものである。

この場合も、位置情報として、アライメントマークの座標値を用いても良いが、アライメントマークに関する位置情報であって統計処理に適切な情報であれば、如何なる情報を用いて統計演算を行っても良い。

また、本発明を重み付けE G A方式に適用する場合は、式（４）又は（６）の重みパラメータ S を前述の評価関数を用いて決定する。具体的には、前述した図５のステップ３０８と同様にして、例えばロット内の第１枚目のウエハ上の全ショット領域の位置座標の計測を行い、この計測結果と各ショット領域の設計値との差を演算することにより、各ショット領域の位置ずれ量、すなわち位置ずれベクトルを求める。次いで、この位置ずれベクトルと例えば式（８）の評価関数 $W_1(s)$ とに基づいて、ウエハ W の非線形歪みを評価し、例えば $W_1(s) > 0.8$ であるような半径 s 内の領域を互いに相関がある領域とみなし、そのような s を求める。そして、この s の値をそのまま、あるいは一定の係数を乗じて、例えば式（７）の B に代入することにより、式（４）又は（６）中の重みパラメータ S 、ひいては重み付け W_{in} 又は W_{in}' を、経験則によることなく、決定することができる。

このようにして重みパラメータ S 並びに重み付け W_{in} 又は W_{in}' を決定する重み付けE G A方式を採用する、例えば１ロットのウエハの処理シーケンスとしては、例えば、次のような２つの処理シーケンスが考えられる。

（第１のシーケンス）

例えば、ロット先頭のウエハに対して図５のステップ３０８、３１０の処理を行った後、次の $a.$ ～ $d.$ の処理を順次行う。

$a.$ 全ショット領域の位置ずれ量を算出する。 $b.$ 位置ずれ量と上記評価関数を用いて前述のようにして重みパラメータ S を決定する。 $c.$ 重みパラメータ S を用いて重み付けE G A方式により全ショット領域の配列座標を算出する。 $d.$ 上記 $c.$ で求めた配列座標（重み付けE G A結果）とステップ３１０で求めた配列座標（E G A結果）との差に基づいて全ショット領域の配列ずれの非線形成分（補正值）のマップ（非線形成分の補完マップ）を作成する。

そして、ロット先頭のウエハに対する露光に際しては、上記の非線形成分の補完マップとステップ３１０で求めた配列座標とに基づいて各ショット領域の

重ね合わせ補正位置を算出し、その重ね合わせ補正位置のデータと予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための加速開始位置（走査開始位置）にウエハWを順次ステップングさせつつ、ステップ・アンド・スキャン方式の露光を行う。第2枚目以降のウエハについては、ステップ320の処理を行い、このステップ320の通常の8点EGAの結果と上記の非線形成分の補完マップとに基づいて、各ショット領域の重ね合わせ補正位置を算出し、その重ね合わせ補正位置のデータを用いて、上記と同様にしてステップ・アンド・スキャン方式の露光を行う。

この第1のシーケンスによると、上述した第1の実施形態と同等の効果を得ることができる。

（第2のシーケンス）

例えば、ロット先頭のウエハに対して図5のステップ308と同様にして、全ショット領域の位置座標計測を行った後、全ショット領域についてその計測結果と設計上の配列座標との差である位置ずれ量を算出する。次に、位置ずれ量と上記評価関数を用いて前述のようにして重みパラメータSを決定する。次に、重みパラメータSを用いて重み付けEGA方式により全ショット領域の配列座標を算出する。そして、ロット先頭のウエハに対する露光に際しては、上記の重み付けEGA方式により算出された全ショット領域の配列座標を重ね合わせ補正位置とし、その重ね合わせ補正位置のデータと予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための走査開始位置にウエハWを順次ステップングさせつつ、ステップ・アンド・スキャン方式の露光を行う。

第2枚目以降のウエハのアライメントに際しては、ロット先頭のウエハのアライメントの際に決定した重みパラメータSに基づいて、サンプルショットの数及び配置を決定し、その決定したサンプルショットのアライメントマークの位置座標の計測と、その計測結果に基づいて重み付けEGA方式により各ショ

ット領域の配列座標を算出する。勿論、この際に、ロット先頭のウエハのアライメントの際に決定した重みパラメータ S に応じた重み付けが行われることは言うまでもない。そして、算出された配列座標を重ね合わせ補正位置として、第2枚目以降のウエハに対してステップ・アンド・スキャン方式の露光を行う。

すなわち、この第2のシーケンスは、従来の重み付けEGA方式のアライメントに際して、前述した評価関数を用いて例えばロット先頭のウエハの非線形歪みを評価し、その評価結果に基づいて重みパラメータ S を、ロット先頭のウエハは勿論、第2枚目以降についても、経験則に頼ることなく、決定するものである。この第2のシーケンスによると、ウエハの非線形歪みの程度、大きさに応じた適切なサンプルショットの配置と数とを決定することができるとともに、適切な重み付けを行うことができるので、従来の重み付けEGA方式を採用するにもかかわらず、高精度な重ね合わせ露光を、必要最低限のサンプルショットの設定で実現することが可能になる。

《第3の実施形態》

次に、本発明の第3の実施形態を図16に基づいて説明する。この第3の実施形態では、リソグラフィシステムの構成等は、第1の実施形態と同様になっており、図4のサブルーチン268における処理が前述した第1の実施形態と相違するのみである。以下、この相違点を中心として、説明する。

図16には、サブルーチン268において、同一ロット内の複数枚（例えば25枚）のウエハ W に対して第2層目（セカンドレイヤ）以降の層の露光処理を行う場合の露光装置100₁の主制御系20内のCPUの制御アルゴリズムが示されている。以下、サブルーチン268において行われる処理について、図16のフローチャートに沿って説明する。

前提として、ロット内の全てのウエハは同一条件、同一工程で各種処理が施されているものとする。さらに、前提として、後述するロット内のウエハ番号

(m)を示す不図示のカウンタのカウント値は「1」に初期設定されている ($m \leftarrow 1$) ものとする。

まず、サブルーチン501において、前述したサブルーチン301と同様の手順で、所定の準備作業を行った後、ステップ502に進む。ステップ502では、不図示のウエハロードを用いて図1のウエハホルダ25上の露光処理済みのウエハ（便宜上「W'」と呼ぶ）と未露光のウエハWとを交換（あるいは、ウエハホルダ25上にウエハW'のない場合は、未露光のウエハWをウエハホルダ25上に単にロード）する。

次のステップ504では、そのウエハホルダ25上にロードされたウエハWのサーチアライメントを、前述した第1の実施形態と同様の手順で行う。

次のステップ506では、前述したカウンタのカウント値mが、所定の値n以上であるか否かを判断することにより、ウエハホルダ25（ウエハステージWST）上のウエハWが、ロット内の第n枚目以降のウエハであるか否かを判断する。ここで、所定の値nは2以上で25以下の任意の整数に予め設定される。以下においては、説明の便宜上から、 $n=2$ であるものとして説明を行う。この場合、ウエハWはロット先頭（第1枚目）のウエハであるから、初期設定により $m=1$ となっているので、ステップ506の判断は否定され、次のステップ508に進む。

ステップ508では、ウエハW上の全てのショット領域のステージ座標系上における位置座標を、前述したステップ308と同様にして計測する。

次のステップ510では、上記ステップ508の計測結果に基づいて、ウエハW上の全てのショット領域について、位置ずれ量（設計値からの位置ずれ量）をそれぞれ算出する。

次のステップ512では、上記ステップ510で算出したショット領域毎の位置ずれと評価関数とを用いて、ウエハWの非線形歪みを評価し、その評価結果に基づいて、ウエハW上のショット領域を複数のブロックにブロック化する

。具体的には、ステップ510で算出したショット領域毎の位置ずれ量に基づいて、前述した式(8)の評価関数 $W_1(s)$ と、式(15)の評価関数 $W_2(s)$ とをそれぞれ求め、それぞれの評価関数が共に例えば0.9~1となる、半径 s の値を求める。この半径 s に基づき、位置ずれ量(非線形歪み)がほぼ似たような傾向を示す相互に隣接するショット領域の範囲を算出し、この算出結果に基づいて、ウエハW上の複数のショット領域をブロック化し、ブロック毎のショット領域の情報を各ブロック内の代表的なショット領域、例えば各ブロックに属する任意の1つのショット領域における位置ずれ量の計測値にそれぞれ対応づけて、内部メモリ内の所定領域に記憶する。

そして、次のステップ516では、各ブロック内の代表ショット領域の位置ずれ量に基づいて重ね合わせ露光を行う。具体的には、まず、設計上のショット領域の位置座標(配列座標)と、各ショット領域が属するブロック内の代表ショット領域における位置ずれデータとに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の重ね合わせ補正位置を算出する。すなわち、各ブロックに属するショット領域については、その代表ショット領域における位置ずれデータを共通に用いてブロック内の各ショット領域の設計上の位置座標をそれぞれその位置ずれデータによって補正して、ウエハW上の各ショット領域の重ね合わせ補正位置を算出する。そして、その重ね合わせ補正位置のデータと、予め計測したベースライン量とに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための加速開始位置(走査開始位置)にウエハWを順次ステップングさせる動作と、レチクルステージRSTとウエハステージWSTとを走査方向に同期移動させつつレチクルパターンをウエハ上に転写する動作とを、繰り返して、ステップ・アンド・スキャン方式による露光動作を行う。これにより、ロット先頭(ロット内の第1枚目)のウエハWに対する露光処理が終了する。

次のステップ518では、前述したカウンタのカウント値 $m > 24$ が成立するか否かを判断することにより、ロット内の全てのウエハの露光が終了したか

否かを判断する。ここでは、 $m = 1$ であるから、この判断は否定され、ステップ520に進んで、カウンタのカウント値 m をインクリメント ($m \leftarrow m + 1$) した後、ステップ502に戻る。

ステップ502において、不図示のウエハロードを用いて図1のウエハホルダ25上の露光処理済みのロット先頭のウエハとロット内の第2枚目のウエハWとを交換する。

次のステップ504では、前述と同様にして、ウエハホルダ25上にロードされたウエハW（この場合、ロット内の第2枚目のウエハ）のサーチアライメントを行う。

次のステップ506では、前述したカウンタのカウント値 m が、所定の値 $n = 2$ 以上であるか否かを判断することにより、ウエハホルダ25（ウエハステージWST）上のウエハWが、ロット内の第 $n = 2$ 枚目以降のウエハであるか否かを判断する。この場合、ウエハWはロット内の第2枚目のウエハであるから、 $m = 2$ となっているので、ステップ506の判断は肯定され、ステップ514に移行する。

ステップ514では、各ブロック内の代表ショット領域の位置ずれを計測する。具体的には、内部メモリ内の所定領域に記憶されたブロック化の情報に基づいて、各ブロックに属するショット領域の内からそれぞれ任意の1つのショット領域を代表ショット領域としてそれぞれ選択し、それら各ブロック毎の代表ショット領域のウエハマークのステージ座標系における位置座標を検出する。そして、その検出結果に基づいて各ブロック毎の代表ショット領域のウエハマークの設計上の位置座標からの位置ずれ量を算出し、この算出結果を用いて各ブロックの情報と対応付けて内部メモリ内の所定領域に記憶されている位置ずれ量の計測値を更新した後、ステップ516に進む。

なお、このステップ514において、各ブロックに属するショット領域の内から選択される代表ショット領域は、必ずしも1つでなくても、各ブロックに

属するショット領域の総数より少ない数の任意の複数個のショット領域であっても良い。代表ショット領域として複数個のショット領域を選択する場合には、各ショット領域のウエハマークの設計上の位置座標からの位置ずれ量を上述と同様にしてそれぞれ算出し、それらの算出結果の平均値を用いて各ブロックの情報と対応付けて内部メモリ内の所定領域に記憶されている位置ずれ量の計測値を更新することとしても良い。

ステップ516では、前述と同様にして、ステップ・アンド・スキャン方式により、ロット内の第2枚目のウエハWに対する露光処理が行われる。そして、ロット内の第2枚目のウエハWの露光が終了すると、ステップ518に進み、ロット内の全てのウエハの露光が終了したか否かを判断するが、ここにおける判断は否定され、ステップ502に戻って、以降、ロット内の全てのウエハの露光が終了するまで、上記ステップ502～ステップ518の処理、判断が繰り返し行われる。

そして、ロット内の全てのウエハの露光が終了し、ステップ518の判断が肯定されると、図16のサブルーチンの処理を終了し図4に戻り、一連の露光処理を終了する。

以上説明した本第3の実施形態によると、前述した第1の実施形態と同様に、評価関数の導入によって、経験則に頼ることなく、明確な根拠に基づいて、ウエハWの非線形歪みを評価することができる。そして、その評価結果に基づいてウエハW上の各ショット領域を同様の傾向の歪みが存在するショット領域毎にブロック化し、各ブロック毎に、ブロックを1つの単位として、従来のダイ・バイ・ダイ方式と同様の方式のウエハアライメント（以下、便宜上「ブロック・バイ・ブロック」方式と呼ぶ）を行うので、各ショット領域の配列ずれを線形成分のみならず非線形成分をも含めてほぼ正確に求めることができる。従って、上記各ショット領域の配列ずれに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の露光のための加速開始位置（走査開始位置）にウエハWを順次ステップ

ングさせつつ、レチクルパターンをウエハW上の各ショット領域に転写することにより、ウエハW上の各ショット領域にレチクルパターンを非常に高精度に重ね合わせることができる。

また、本実施形態のサブルーチン268では、ロット内の第2枚目以降のウエハWの露光に際しては、ロット先頭のウエハと第2枚目以降のウエハとが同様の傾向の歪みが生じるものとして、同一のブロック分けをそのまま用いてブロック毎の代表ショット領域についての位置ずれ量を計測するのみである。このため、ロット内の全てのウエハについて全ショット領域の位置計測を行う場合に比べて、計測点数の削減により、スループットを向上することができる。

なお、上記第3の実施形態では、ロット先頭のウエハの露光に際して、設計上のショット領域の位置座標（配列座標）と、各ショット領域が属するブロック内の代表ショット領域における位置ずれデータとに基づいて、ウエハW上の各ショット領域の重ね合わせ補正位置を算出し、算出結果に基づいて、各ショット領域を走査開始位置へ位置決めするものとしたが、これに限らず、上記のような演算を行うことなく、ステップ510で算出した各ショット領域の位置ずれ量の算出値に基づいて、各ショット領域を走査開始位置へ位置決めすることとしても良い。

また、上記第3の実施形態において、 n が3以上の整数に設定されている場合には、ロット内の最初の $(n-1)$ 枚（複数枚）のウエハについては、ステップ508からステップ512までの処理が、繰り返し行われることとなるが、この際、ステップ512では、第2枚目から第 $(n-1)$ 枚目までのウエハについては、例えばそれまでの各回の評価結果を総合的に勘案してショット領域のブロック化を決定することとすれば良い。また、第 $(n-1)$ 枚目までのウエハでそれぞれショット領域のブロック化を決定する必要はなく、少なくとも1枚のみでブロック化を決定するだけでも良い。

なお、上記第1～第3の実施形態では、ウエハWの非線形歪みを評価するた

めに、ショット領域毎にアライメントマークを検出してその座標値を求めるようにしたが、これに限らず、ショット領域毎にその設計上の座標値にベースライン量を加えた座標値にウエハを位置決めした状態でアライメント系A Sによってアライメントマークを検出して指標マークとの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量を用いて前述した非線形歪みを評価するようにしても良い。さらに、アライメント系A Sの代わりにレチクルアライメント系2 2を用いて、ショット領域毎にそのアライメントマークとレチクルRのマークとの位置ずれ量を検出し、この位置ずれ量を用いて前述した非線形歪みを評価するようにしても良い。すなわち、非線形歪みの評価に際しては、マークの座標値を必ずしも求める必要はなく、アライメントマーク又はこれに対応するショット領域に関する位置情報であれば、如何なる情報であっても、これを用いて前述した非線形歪みを評価することができる。

この他、上記の評価関数を用いた評価結果により得られる半径 s に基づいて、E G A方式、あるいは重み付けE G A方式、又はショット内多点E G A方式におけるE G A計測点数を適切に決定することもできる。

なお、上記各実施形態では、マーク検出系として、オフアクシス方式のF I A系（結像式のアライメントセンサ）を用いる場合について説明したが、これに限らずいかなる方式のマーク検出系を用いても構わない。すなわち、T T R（Through The Reticle）方式、T T L（Through The Lens）方式、またオフアクシス方式の何れの方式であっても、更には検出方式がF I A系などで採用される結像方式（画像処理方式）以外、例えば回折光又は散乱光を検出する方式などであっても構わない。例えば、ウエハ上のアライメントマークにコヒーレントビームをほぼ垂直に照射し、当該マークから発生する同次数の回折光（ ± 1 次、 ± 2 次、……、 $\pm n$ 次回折光）を干渉させて検出するアライメント系でも良い。この場合、次数毎に回折光を独立に検出し、少なくとも1つの次数での検出結果を用いるようにしても良いし、波長が異なる複数のコヒーレン

トビームをアライメントマークに照射し、波長毎に各次数の回折光を干渉させて検出しても良い。

また、本発明は上記各実施形態の如き、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置に限らず、ステップ・アンド・リピート方式、又はプロキシミティ方式の露光装置（X線露光装置等）を始めとする各種方式の露光装置にも全く同様に適用が可能である。

なお、露光装置で用いる露光用照明光（エネルギービーム）は紫外光に限られるものではなく、X線（EUV光を含む）、電子線やイオンビームなどの荷電粒子線などでも良い。また、DNAチップ、マスク又はレチクルなどの製造用に用いられる露光装置でも良い。

《デバイス製造方法》

次に、上述した各実施形態に係るリソグラフィシステム及びその露光方法をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

図17には、デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図17に示されるように、まず、ステップ601（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ602（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ603（ウエハ製造ステップ）において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

次に、ステップ604（ウエハ処理ステップ）において、ステップ601～ステップ603で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ605（デバイス組立ステップ）において、ステップ604で処理されたウ

エハを用いてデバイス組立を行う。このステップ605には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

最後に、ステップ606（検査ステップ）において、ステップ605で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

図18には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ604の詳細なフロー例が示されている。図18において、ステップ611（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ612（CVDステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ613（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ614（イオン打込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ611～ステップ614それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ615（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ616（露光ステップ）において、上で説明した露光装置及び露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ617（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、ステップ618（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ619（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程（ステップ616）において、ロット毎のウエハの露光処理に際して、上記各実施形態に係るリソグラフィシステム及びその露光方法が用いられるので、スループットを極力低下させることなく、レチクルパターンとウエハ上のショット領域との重ね合わせ精度の向上を図った高精度な露光が可能となる。この結果、スループットを低下させることなく、より微細な回路パターンを重ね合わせ精度良くウエハ上に転写することが可能になり、高集積度のマイクロデバイスの生産性（歩留まりを含む）を向上させることができる。特に、光源にF₂レーザ光源等の真空紫外光源を用いる場合には、投影光学系の解像力の向上とあいまって、例えば最小線幅が0.1 μm程度のものであってもその生産性の向上が可能である。

上述した本発明の実施形態及びその変形例は、現状における好適な実施形態であるが、リソグラフィシステムの当業者は、本発明の精神と範囲から逸脱することなく、上述した実施形態に対して、多くの付加、変形、置換をすることに容易に想到するであろう。全てのこうした付加、変形、置換は、以下に記載される請求の範囲によって最も的確に明示される本発明の範囲に含まれるものである。

what is claimed is :

1. 基板の非線形歪みの規則性や程度を評価する評価方法は、以下を含む：

基板上の複数の区画領域の各々について、各区画領域に対応して設けられるマークを検出して所定の基準位置との位置ずれ量を求めること；

及び、

前記基板上の着目する区画領域の前記位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める評価関数を用いて、前記基板の非線形歪みの規則性や程度を評価すること。

2. 請求項1に記載の評価方法において、

前記評価関数は、前記第1ベクトルと前記各第2ベクトルとの間の方向及び大きさについての相関を求めるための関数であることを特徴とする。

3. 請求項1に記載の評価方法において、

さらに、前記評価関数を用いて、前記各区画領域を所定点に位置合わせするのに用いる位置情報の補正值を決定することを特徴とする。

4. 請求項1に記載の評価方法において、

前記評価関数は、前記基板上の着目する区画領域を前記基板上のN個（Nは自然数）の区画領域のそれぞれに順次変更して得られる前記第1ベクトルとその周囲の複数の区画領域の各第2ベクトルとの少なくとも方向に関する相関を求めるためのN個の第1関数の相加平均に相当する第2関数であることを特徴とする。

5. 基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法は、以下を含む：

前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記位置情報を算出すること；

及び、

前記基板上の着目する区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの基準位置との位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める関数を用いて、前記位置情報の補正值及び該補正值を決定する補正パラメータの少なくとも一方を決定すること。

6. 請求項5に記載の位置検出方法において、

前記統計演算によって前記各区画領域の位置ずれ量の線形成分が補正されて前記位置情報が算出され、前記関数によって前記位置ずれ量の非線形成分が補正されるように前記補正值及び前記補正パラメータの少なくとも一方が決定されることを特徴とする。

7. 請求項5に記載の位置検出方法において、

前記実測位置情報は、前記区画領域の設計位置情報に基づく前記所定点との位置偏差に対応し、

前記基板上の複数の区画領域のうち少なくとも3つの特定区画領域でそれぞれ得られる前記実測位置情報を用いて統計演算を行い、前記位置情報を導出する変換式のパラメータを算出することを特徴とする。

8. 請求項7に記載の位置検出方法において、

前記特定区画領域毎に前記実測位置情報に重みを与えて前記変換式のパラメ

ータを算出するとともに、前記関数を用いて前記重みを決定することを特徴とする。

9. 請求項5に記載の位置検出方法において、

前記実測位置情報は、前記基板の移動位置を規定する静止座標系上における前記マークの座標値であり、前記位置情報は、前記各区画領域の前記静止座標系上における座標値であることを特徴とする。

10. 請求項5に記載の位置検出方法において、

前記位置情報の補正値は、前記関数を用いて最適化された補完関数に基づいて決定されることを特徴とする。

11. 複数枚の基板上の複数の区画領域を順次露光して前記各基板上の各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法は、以下を含む：

前記複数枚の基板の内の第2枚目以降の第 n 枚目の基板について、請求項5に記載の位置検出方法を用いて、各区画領域の位置情報を検出すること；

及び、

前記検出結果に基づいて前記各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、当該各区画領域を露光すること。

12. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項11に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とする。

13. 基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法において、

複数枚の基板でそれぞれ前記複数の区画領域の位置情報を検出するために、前記複数枚の基板のうち第2枚目以降の第 n 枚目の基板については、該第 n 枚目の基板上の複数のマークを検出して得られる、少なくとも3つの特定区画領域でのその設計位置情報に基づく前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を用いて統計演算により算出した前記各区画領域の位置情報の線形成分と、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板での前記各区画領域の位置情報の非線形成分とを用いることを特徴とする。

14. 請求項13に記載の位置検出方法において、

前記各区画領域についての前記位置情報の非線形成分は、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板についての前記各区画領域の位置情報の計測結果を所定の評価関数を用いて評価した評価結果から得られる前記基板の非線形歪みの規則性や程度を示す指標に基づいて最適化された単一の補完関数と、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板について求められた前記各区画領域の位置情報の非線形成分とに基づいて求められることを特徴とする。

15. 請求項14に記載の位置検出方法において、

前記補完関数は、フーリエ級数展開された関数であり、前記評価結果に基づいて前記フーリエ級数展開の最高次数が最適化されることを特徴とする。

16. 請求項13に記載の位置検出方法において、

前記各区画領域についての前記位置情報の非線形成分は、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に重み付けをし、該重み付け後の情報を用いて統計演算を行って算出した前記各区画領域の位置情報と、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算を行って算出した前記各区画領域の位置情報との差

に基づいて求められることを特徴とする。

17. 複数枚の基板上の複数の区画領域を順次露光して前記各基板上の各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法は、以下を含む：

前記複数枚の基板の内の第2枚目以降の第 n 枚目の基板について、請求項13に記載の位置検出方法を用いて、各区画領域の位置情報を検出すること；
及び、

前記検出結果に基づいて前記各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、当該各区画領域を露光すること。

18. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項17に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とする。

19. 基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法は、以下を含む：

複数枚の基板でそれぞれ前記各区画領域の位置情報を検出するために、前記複数枚の基板のうち第2枚目以降の第 n 枚目の基板については、前記第 n 枚目より前の少なくとも1枚の基板についての前記各区画領域の前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を所定の評価関数を用いて評価した評価結果から得られる前記基板の非線形歪みの規則性や程度を示す指標に基づいて前記複数の区画領域を、予めブロック化すること；

及び、

前記ブロック毎に各ブロックに属する全ての区画領域の数である第1の数よりも小さい第2の数の区画領域についての前記所定点との位置偏差に対応する実測位置情報を用いて対応するブロックに属する全ての区画領域の前記位置情

報を決定すること。

20. 複数枚の基板上の複数の区画領域を順次露光して前記各基板上の各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法は、以下を含む：

前記複数枚の基板の内の第2枚目以降の第 n 枚目の基板について、請求項19に記載の位置検出方法を用いて、各区画領域の位置情報を検出すること；
及び、

前記検出結果に基づいて前記各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、当該各区画領域を露光すること。

21. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項20に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とする。

22. 基板上の複数の区画領域でそれぞれ所定点との位置合わせに用いられる位置情報を検出する位置検出方法は、以下を含む：

前記基板上の着目する区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量を示す第1ベクトルと、その周囲の複数の区画領域それぞれの前記基準位置との位置ずれ量を示す各第2ベクトルとの間の少なくとも方向についての相関を求める関数を用いて、重み付けのための重みパラメータを決定すること；
及び、

前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に前記重みパラメータを用いて重み付けをし、該重み付け後の情報を用いて統計演算により前記位置情報を算出すること。

23. 複数枚の基板上の複数の区画領域を順次露光して前記各基板上の各区

画領域に所定のパターンを形成する露光方法は、以下を含む：

前記複数枚の基板の内の第2枚目以降の第 n 枚目の基板について、請求項2に記載の位置検出方法を用いて、各区画領域の位置情報を検出すること；
及び、

前記検出結果に基づいて前記各区画領域を露光基準位置に順次移動した後、当該各区画領域を露光すること。

24. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項23に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とする。

25. 基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法は以下を含む：

前記基板に関連する少なくとも2種類の条件のそれぞれについて、特定基板上の複数のマークの検出結果に基づいて、前記基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る少なくとも2種類の補正マップを、予め作成すること；

露光に先立って、指定された条件に対応する補正マップを選択すること；
及び、

前記基板上の複数の特定区画領域それぞれに対応して設けられた複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により前記各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を求め、該位置情報と前記選択された補正マップとに基づいて、前記基板を移動して前記各区画領域を露光すること。

26. 請求項25に記載の露光方法において、

前記少なくとも２種類の条件は、基板が経由した少なくとも２種類のプロセスに関する条件を含み、

前記補正マップの作成に際しては、経由したプロセスの異なる複数種類の特定基板のそれぞれについて前記補正マップを作成し、

前記選択に際しては、露光対象の基板に対応する補正マップを選択することを特徴とする。

２７． 請求項２５に記載の露光方法において、

前記少なくとも２種類の条件は、前記実測位置情報を得るために前記マークが検出される前記複数の特定区画領域の選択に関する少なくとも２種類の条件を含み、

前記マップの作成に際しては、前記特定基板上の複数の区画領域の各々について、各区画領域に対応して設けられるマークを検出して得られる、個別の基準位置に対する位置ずれ量をそれぞれ求め、前記特定区画領域の選択に関する条件毎に、前記特定基板上の前記条件に対応する複数の特定区画領域に対応するマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記各区画領域の前記位置情報を算出し、該位置情報と前記各区画領域の前記位置ずれ量とに基づいて、前記各区画領域の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップを作成し、

前記選択に際しては、指定された特定の区画領域の選択情報に対応する補正マップを選択することを特徴とする。

２８． 請求項２５に記載の露光方法において、

前記特定基板は、基準基板であることを特徴とする。

２９． 請求項２５に記載の露光方法において、

前記露光に際しては、前記基板上の露光対象の区画領域に、周辺の区画領域であって前記補正マップにその補正情報が含まれていない欠け領域が含まれている場合には、前記補正マップ中の前記欠け領域に隣接する複数の区画領域の補正情報を用いて、ガウス分布を仮定した重み付け平均演算により、前記欠け領域の補正情報を算出することを特徴とする。

30. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項25に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とする。

31. 基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に所定のパターンを形成する露光方法は、以下を含む：

基準基板上の複数のマークを検出して各マークに対応するマーク領域の位置情報を計測すること；

前記計測された位置情報を用いて統計演算により前記各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の線形成分が補正された計算上の位置情報を算出すること；

前記計測された位置情報と前記計算上の位置情報とに基づいて、前記各マーク領域の設計値に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第1補正マップを作成すること；

露光に先立って、指定された区画領域の配列に関する情報に基づいて前記第1補正マップを、前記各区画領域の個別の基準位置からの位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報を含む第2補正マップに変換すること；

及び、

前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報に基づいて統計演算により前記区画領域それぞれの所定点との位置合わせに用いられる位置情

報を求め、前記位置情報と前記第2補正マップとに基づいて、前記基板を移動して前記各区画領域を露光すること。

32. 請求項31に記載の露光方法において、

前記マップの変換は、前記各区画領域の基準位置毎に、隣接する複数のマーク領域についての補正情報に基づき、ガウス分布を仮定した重み付け平均演算により、各基準位置の補正情報を算出することにより行われることを特徴とする。

33. 請求項31に記載の露光方法において、

前記マップの変換は、基板上の部分領域について非線形歪みの規則性や程度を所定の評価関数を用いて評価した評価結果に基づいて最適化された単一の補完関数と、前記各マーク領域の補正情報とに基づいて、前記各区画領域の基準位置毎に、補完演算を行うことによって実現されることを特徴とする。

34. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項31に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とする。

35. 投影像の歪みを補正可能な露光装置を少なくとも1つ含む複数の露光装置を用いて複数枚の基板上の複数の区画領域を順次露光して各基板上の各区画領域に所定のパターンをそれぞれ形成する露光方法は、以下を含む：

予め測定した前記基板と同一のプロセスを経た少なくとも1枚の特定基板についての重ね合わせ誤差情報を解析する解析工程；

前記解析結果に基づいて、前記特定基板上の各区画領域の位置ずれ量に異なる平行移動成分を含む区画領域間の誤差が支配的であるか否かを判断する第1

判断工程；

前記第 1 判断工程において前記区画領域間の誤差が支配的であると判断された場合に、前記区画領域間の誤差が非線形成分を含むか否かを判断する第 2 判断工程；

前記第 2 判断工程において前記区画領域間の誤差が非線形成分を含まないと判断された場合に、任意の露光装置を用いて、前記基板上の複数の特定区画領域に対応するマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により前記基板上の各区画領域の所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置情報に基づいて基板を移動して前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンをそれぞれ形成する第 1 露光工程；

前記第 2 判断工程において前記区画領域間の誤差が非線形成分を含むと判断された場合に、前記区画領域間の誤差を補正した状態で基板を露光可能な露光装置を用いて前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンをそれぞれ形成する第 2 露光工程；

及び、

前記第 1 判断工程において前記区画領域間の誤差が支配的でないと判断された場合には、前記投影像の歪みを補正可能な露光装置の 1 つを選択し、該選択した露光装置を用いて前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンをそれぞれ形成する第 3 露光工程。

36. 請求項 35 に記載の露光方法において、

前記第 2 判断工程において前記区画領域間の誤差が非線形成分を含むと判断された場合に、前記区画領域間の誤差を補正した状態で基板を露光可能な任意の 1 つの露光装置を選択して露光を指示する選択工程と；

該露光が指示された露光装置による露光対象の基板が属するロットを含む複数のロットにおける重ね合わせ誤差の大小を判断する第 3 判断工程と；を更に

含み、

前記第2露光工程では、

前記各基板上の複数の区画領域を順次露光して各区画領域に前記パターンをそれぞれ形成するに際し、前記第3判断工程における判断の結果、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断された場合に、前記露光装置が、そのロットの先頭から所定枚数の基板については、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、前記実測位置情報と所定の関数とを用いて前記各区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量の非線形成分を算出し、前記算出された位置情報及び前記非線形成分に基づいて前記基板を移動し、残りの基板については、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置情報と前記算出された非線形成分とに基づいて前記基板を移動し、

前記第3工程における判断の結果、ロット間の重ね合わせ誤差が小さくないと判断された場合には、ロット内の各基板について、基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、該位置情報と予め作成した基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップとに基づいて前記基板を移動することを特徴とする。

37. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

前記リソグラフィ工程では、請求項35に記載の露光方法を用いて露光を行うことを特徴とする。

38. 複数枚の基板を露光して各基板上の複数の区画領域に所定のパターン

をそれぞれ形成する露光装置は、以下を備える：

露光対象の基板が属するロットを含む複数のロットにおける重ね合わせ誤差の大小を判断する判断装置；

前記判断装置により、ロット間の重ね合わせ誤差が大きいと判断された場合に、そのロットの先頭から所定枚数の基板を露光する際には、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、前記実測位置情報と所定の関数とを用いて前記各区画領域の所定の基準位置との位置ずれ量の非線形成分を算出し、前記算出された位置情報及び前記非線形成分に基づいて前記基板を移動するとともに、前記ロット内の残りの基板を露光する際には、前記基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出し、該位置情報と前記算出された非線形成分とに基づいて前記基板を移動する第1制御装置；

及び

前記判断装置により、ロット間の重ね合わせ誤差が小さくないと判断された場合には、ロット内の各基板を露光する際に、基板上の複数のマークを検出して得られる実測位置情報を用いて統計演算により所定点との位置合わせに用いられる位置情報を算出するとともに、該位置情報と予め作成した基板上の複数の区画領域各々の個別の基準位置に対する位置ずれ量の非線形成分を補正するための補正情報から成る補正マップとに基づいて前記基板を移動する第2制御装置。

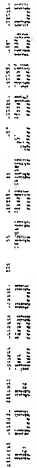
39. 基板上の複数の区画領域をそれぞれ露光して各区画領域にパターンを形成する露光方法は、以下を含む：

前記基板を露光する露光装置の重ね合わせ誤差情報に基づき、前記基板上で区画領域間の誤差が支配的であるときには第1アライメントモードを選択し、

かつ前記区画領域間の誤差が支配的でないときには前記第 1 アライメントモードと異なる第 2 アライメントモードを選択すること、

及び

前記選択されたアライメントモードに基づいて、前記基板上の複数のマークをそれぞれ検出して得られる位置情報から前記各区画領域の位置情報を決定すること。



ABSTRACT

ロット内の n 枚目 ($n \geq 2$) より前のウエハについては、全ショットの位置を検出し、各位置ずれ量を非線形成分と線形成分とに分離し、その位置ずれ量と評価関数とを用いてウエハの非線形歪みを評価し、その評価結果に基づいて決定された補完関数に基づいて全ショットの位置ずれ量の非線形成分を算出する。一方、 n 枚目以降のウエハについては、E G Aにより位置ずれ量の線形成分を補正した全ショットの位置座標を算出する。そして、その線形成分を補正した全ショットの位置座標と、上で算出された非線形成分とに基づいてショットの位置を検出する。